

Agriculture et
Agro-alimentaire Canada

Agriculture and
Agri-Food Canada



Publication 1737/F

Affections après récolte de la pomme et de la poire





Canada

Imprimé grâce à la participation financière de :
Nouveau Brunswick Agriculture

Affections après récolte de la pomme et de la poire

M. Meheriuk
Station de recherches de Summerland
(Colombie-Britannique)

R.K. Prange
Station de recherches de Kentville
(Nouvelle-Écosse)

P.D. Lidster
Administration centrale de la région de l'Ouest
Ottawa (Ontario)

S.W. Porritt (à la retraite)
Station de recherches de Summerland
(Colombie-Britannique)

Les recommandations de la présente publication sur l'usage des pesticides ne sont données qu'à titre d'indication. Toute application d'un pesticide doit être conforme au mode d'emploi imprimé sur l'étiquette du produit, comme le prescrit la *Loi sur les produits antiparasitaires*. **Il faut toujours lire l'étiquette.** Un pesticide doit aussi être recommandé par les autorités provinciales. Les modes d'emplois recommandés pouvant varier d'une province à l'autre, consulter le représentant agricole de la province pour obtenir des conseils particuliers.

Photo de la couverture
Composition et photo de William Fleming, Station de recherches de Summerland

---

Publication d'Agriculture Canada 1737/F
On peut obtenir des exemplaires à la
Direction générale des communications
Agriculture Canada
Ottawa (Ont.) K1A 0C7

N° de cat. A54-1737/1994F ISBN : 0-662-98794-2
Impression 1982. Révision 1994 2M-3:94

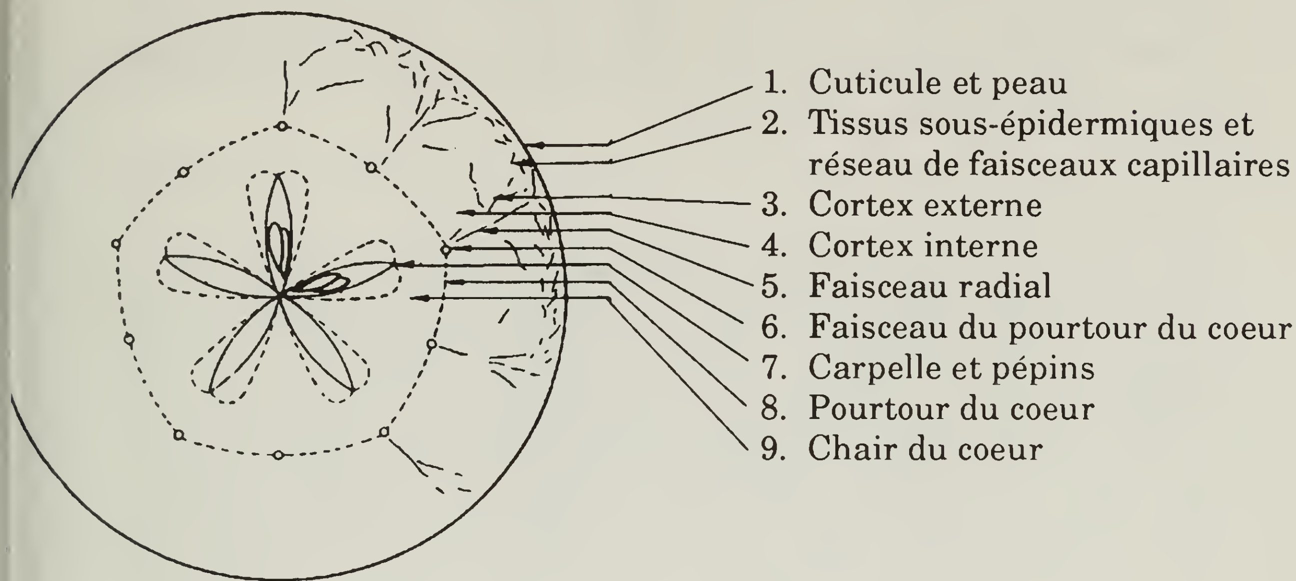
Produit par la Direction générale de la recherche, Région de l'Ouest

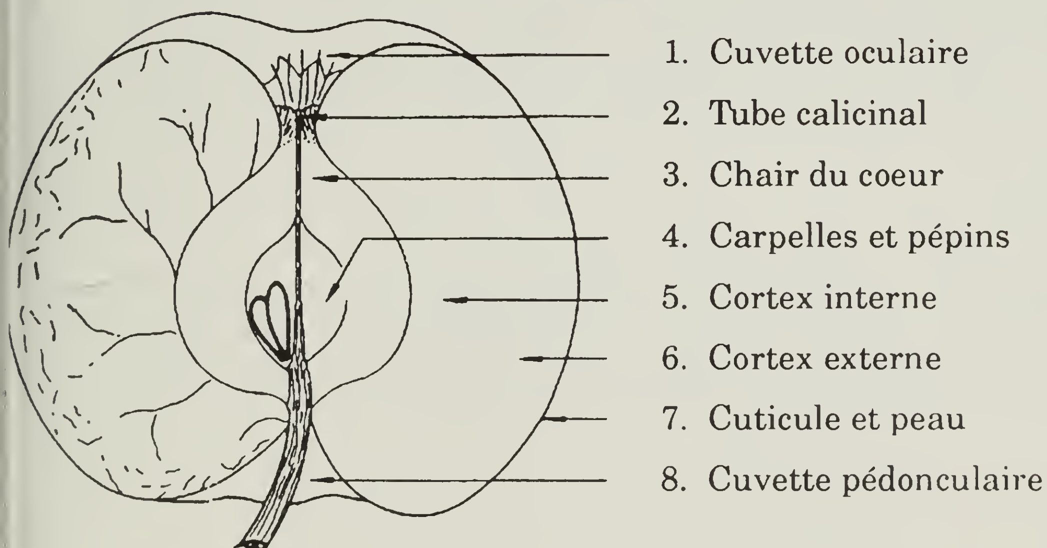
Also avaiblable in English under the title
Postharvest disorders of apples and pears

Table des matières

Schéma anatomique de la pomme

Schéma d'une pomme (*Malus domestica*) illustrant les termes anatomiques utilisés dans la présente publication. Les mêmes termes s'appliquent à la poire. (reproduction tirée de Carne, 1948.)





Remerciements

Les auteurs tiennent à remercier Linda Kerr et Justina Rogall d'avoir dactylographié le manuscrit ainsi que Bill Fleming d'avoir préparé les diapositives. Ils remercient tout spécialement le Dr T. Rease, du ministère de l'Agriculture des États-Unis à Wenatchee (Washington), et M. David Johnson de la société *Horticulture Research International* à East Malling (Angleterre), qui leur ont prêté plusieurs diapositives. Ils tiennent aussi à exprimer leur gratitude au personnel de l'Administration centrale de la région de l'Ouest à Ottawa pour la préparation finale de la présente publication et à Normand Rousseau des Services d'information et de planification pour la révision et l'édition de la traduction française.

Préface

Des affections peuvent frapper les fruits au moment de la récolte, durant l'entreposage et le transport ainsi que dans le commerce de détail. Une fois que ces anomalies sont bien identifiées, il est possible de prendre des correctifs et des mesures de prévention dans les vergers, les stations fruitières et les magasins.

La présente publication décrit et illustre les affections typiques non parasitaires des pommes et des poires cultivées en Amérique du Nord, plus particulièrement dans les régions productrices du Canada. Bien que ces anomalies dépendent dans une certaine mesure des cultivars et du climat, il existe des causes fondamentales pour expliquer des particularités communes. Nous avons donc consulté la bibliographie des régions horticoles tempérées du globe pour préparer cette publication.

On y trouvera également des renseignements sur les causes des affections et leurs traitements, renseignements qui s'inspirent des connaissances les plus récentes. Il y aurait lieu de vérifier si tout traitement envisagé est adapté aux circonstances et conforme aux règlements fédéraux et provinciaux.

Guide d'identification des affections

Pommes

Symptômes externes

Altération causée par le gaz carbonique (CO_2)

Cette affection ressemble souvent à l'échaudure superficielle, mais elle se manifeste généralement par des dépressions rugueuses bien définies. Elle survient après une exposition à des concentrations de CO_2 très supérieures à celle de l'atmosphère.

Altération causée par des produits chimiques

Petites zones sombres qui apparaissent sur la peau et dans le tissu sous-jacent aux lenticelles. Sous l'effet du dessèchement, les lésions peuvent se creuser. Cette altération survient après une exposition à un produit phytotoxique, soluble ou volatil. Les zones touchées peuvent être plus grandes si l'exposition se prolonge ou si les concentrations sont fortes. Des lésions circulaires apparaissent parfois lorsqu'il y a du liquide entre des fruits qui se touchent ou entre les fruits et le contenant.

Abrasions

Plages brunes diffuses, aux contours mal définis, qui apparaissent à la surface du fruit, principalement sur les proéminences. Ces lésions se produisent au cours de la manutention ou du transport.

Lésions thermiques

Elles se produisent lorsqu'on lave les pommes à l'eau chaude pour les conditionner. Ces lésions ressemblent à celles de l'échaudure superficielle, sauf qu'elles peuvent apparaître tôt durant l'entreposage, soit au cours des 2 ou 3 semaines qui suivent le contact avec l'eau chaude.

Tache de la Jonathan

Taches brunes circulaires de 2 à 4 mm de diamètre, qui n'affectent que la peau, le plus souvent aux lenticelles. Sur les pommes rouges, les taches tirent parfois sur le noir et se concentrent aux endroits les plus colorés. Sur les fruits jaunes ou verts, elles sont plus claires.

Altération causée par un manque d'oxygène (par l'alcool)

Lésions aqueuses brun foncé, qui s'étendent parfois au tissu sous-épidermique, et dont l'apparence rappelle parfois celle de l'échaudure molle.

Roussissement

Plages ou fines lignes de tissu liégeux sur la peau des fruits, parfois confinées strictement à la cuvette pédonculaire.

Échaudure molle

Zones brunes, lisses, irrégulières, mais bien définies, qui apparaissent sur la peau, sans rapport avec la coloration du fruit, mais rarement dans les deux cuvettes.

Insolation

Zones décolorées ou brunes sur la face du fruit exposée au soleil, parfois accompagnées de cloques, et qui deviennent souvent plus foncées après la sortie de l'entrepôt. La chair sous les lésions peut prendre une couleur brune diffuse et un goût amer.

Échaudure superficielle

Altération brune et diffuse de la peau, plutôt rugueuse dans les cas graves, qui se manifeste après plusieurs mois d'entreposage au froid et qui s'intensifie au cours du réchauffement du fruit après sa sortie de l'entrepôt. Chez les pommes rouges, les lésions se confinent habituellement aux parties non rougies, tandis que chez les pommes vertes ou jaunes, elles apparaissent n'importe où sur le fruit.

Symptômes internes

Coeur brun

Brunissement diffus du tissu de la région du coeur entourant les carpelles, qui survient après plusieurs mois d'entreposage au froid et qui s'aggrave après la sortie de l'entrepôt.

Brunissement interne

Brunissement diffus qui se manifeste dans le cortex et parfois aussi dans le tissu du coeur et qui se voit plus facilement en coupe transversale au point de jonction de la tige et du coeur. Les faisceaux vasculaires sont habituellement intacts, et la texture générale du fruit semble apparemment normale.

Altération interne causée par le gaz carbonique

Zones brunes, humides, assez bien définies qui se forment dans le cortex ou dans le tissu du coeur, parfois près des principaux faisceaux vasculaires. Avec le temps, les lésions prennent une couleur brun pâle et sèchent; souvent des cavités se forment dans les régions touchées. Des altérations externes peuvent également survenir.

Maladie commune du froid

Brunissement diffus du cortex externe, souvent bien défini, généralement humide et séparé de la peau par du tissu normal. Le coeur n'est généralement pas affecté. Le fruit intact peut se révéler spongieux lorsqu'on le comprime. Le fruit peut être également atteint par l'échaudure molle.

Brunissement de sénescence

Amollissement et brunissement des parties touchées du cortex. Les lésions sont généralement sèches et mal définies. Les faisceaux vasculaires prennent souvent une coloration brun foncé qui rappelle les signes de la gelure. Sur les parties touchées, la peau rouge devient plus foncée tandis que l'épiderme vert ou jaune brunit. Un symptôme appelé « sénescence farineuse » se caractérise par la perte de turgescence du fruit; dans les cas graves, ce dernier peut se fendre profondément.

Brunissement vasculaire

Brunissement des principaux faisceaux vasculaires et d'une partie des tissus adjacents. Le reste du cortex peut sembler normal ou, encore, les lésions peuvent irradier dans le cortex.

Maladie vitreuse (coeur aqueux)

Affection translucide et séreuse ne touchant que les tissus qui entourent les faisceaux vasculaires ou s'étendant à d'autres tissus à l'intérieur ou à l'extérieur du coeur.

Symptômes externes et internes

Tache amère

Petites zones brunes nécrotiques mesurant de 3 à 5 mm en coupe transversale dans la chair, qui apparaissent plus souvent vers l'extrémité oculaire du fruit. Elles sont parfois visibles à travers la peau, sous forme de dépressions brunes ou vert foncé, mais occasionnellement rouges, en particulier chez la Newtown et la Golden Delicious.

Gelure

Décoloration brune de la peau, souvent accompagnée de cloques. Le tissu cortical est brun, ce qui fait contraste avec les vaisseaux brun plus foncé. Des cavités peuvent être causées par la déshydratation du tissu modérément gelé.

Brunissement de la cuvette pédonculaire

Brunissement de la peau et des tissus sous-jacents dans la cuvette pédonculaire observé chez la McIntosh. Le brunissement du coeur accompagne cette anomalie.

Poires

Symptômes externes

Alfalfa greening

Picots, taches ou raies sur la peau de la variété Anjou, souvent accompagnés de tissu liégeux superficiel (voir tache amère sur les poires).

Altération causée par les produits chimiques

Taches sombres qui prennent naissance aux lenticelles lorsque la peau et le tissu sous-épidermique entre en contact avec des produits chimiques volatils ou en solution. Par la suite, il arrive souvent qu'apparaissent de petites dépressions provoquées par le dessèchement. La lésion prend parfois une forme circulaire lorsqu'il y a du liquide entre des fruits qui se touchent.

Abrasion

Elle est commune à tous les cultivars. Pigmentation brune, diffuse, irrégulière qui apparaît sur la peau, surtout sur les proéminences.

Roussissement

Le roussissement qui apparaît sur les poires est un trait génétique. Des cultivars comme la Bosc et la Russet Bartlett sont entièrement roussis à la récolte.

Échaudure de sénescence

Cette affection frappe la Bartlett, la Bosc, la Sierra et la Howell. Coloration épidermique anormale brun foncé qui commence sous forme de petites plages isolées, généralement vers l'extrémité oculaire du fruit, et qui jaunissent à l'entreposage. De grandes surfaces du fruit peuvent brunir au cours d'un entreposage continu ou après la sortie de

l'entrepôt. Le fruit ne parvient pas à mûrir et finit généralement par amollir. La peau brune s'arrache parfois facilement.

Échaudure superficielle

Cette affection frappe l'Anjou, la Packham's Triumph et la Winter Nelis. Coloration épidermique anormale, brune et diffuse, qui survient à la suite d'un long entreposage et durant le mûrissement après la sortie de l'entrepôt. Souvent, les symptômes commencent à se manifester autour du cou du fruit.

Symptômes internes

Altération causée par le gaz carbonique (CO_2)

Brunissement des parois internes des loges carpellaires et parfois du tissu cortical adjacent. Si l'exposition à de fortes concentrations se prolonge, le tissu cortical peut être touché à son tour et se teinter légèrement de brun. Des cavités peuvent se former dans le tissu endommagé. Chez les poires, on ne signale pas de blessures causées à la peau par le gaz carbonique.

Coeur brun

Affaissement des tissus entourant le coeur, durant ou après le mûrissement. La lésion est molle, brune et aqueuse.

Altération causée par un manque d'oxygène

Les pêches Bosc, si elles sont récoltées tardivement et entreposées à 1 % d'O_2, peuvent souffrir du coeur brun causé par un manque d'oxygène.

Gelure

Aspect translucide et séreux des tissus lorsqu'ils sont gelés. Après quelque temps au froid, les tissus endommagés peuvent prendre une coloration brun pâle, dont le motif correspond à la forme de la poire. Une zone verdâtre, séreuse, peut se former dans le cortex externe. Des cavités apparaissent parfois. La peau peut ne trahir aucun signe de gelure ou peut virer au brun en même temps que le tissu sous-épidermique.

Symptômes externes et internes

Tache amère (tache de l'Anjou)

Fréquente chez l'Anjou et la Packham's Triumph. Lésions brunes, liégeuses qui apparaissent dans la chair, principalement vers l'extrémité oculaire. Une surface inégale, souvent accompagnée de

dépressions plus sombres, sont des symptômes de cette anomalie. La peau jaunit inégalement, surtout vers l'extrémité oculaire.

Pourriture apicale

Le tissu cortical situé à l'extrémité oculaire devient dur et graveleux, et vire souvent au noir. On n'observe aucun amollissement des tissus touchés durant le mûrissement du fruit.

Oculaire rose ou mûrissement prématuré

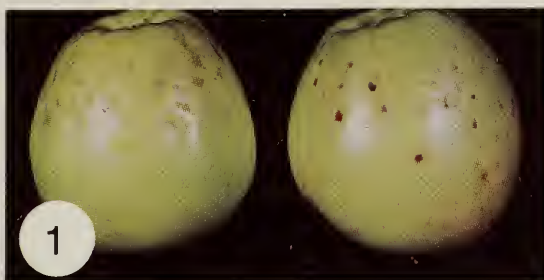
Cette anomalie causée par le froid en fin de saison frappe principalement la Bartlett. Un mûrissement précoce et une maturation inégale sont typiques de cette affection tandis qu'un jaunissement de la cuvette oculaire se produit chez certains fruits. Les mamelons de la cuvette oculaire sont souvent roses. Contrairement au coeur brun, le mûrissement prématuré débute à l'extrémité oculaire, immédiatement sous la peau.

Affections physiologiques de la pomme

Tache amère

La tache amère est une maladie qui se caractérise par la formation dans la chair du fruit, de petites lésions brunes, plutôt sèches, légèrement amères, de 3 à 5 mm de diamètre (fig. 1). L'anomalie dont il est question ici ne comprend pas le liège interne, ou pourriture liégeuse, qui est causé par une carence en bore. Les premiers symptômes de la tache amère peuvent être de petites taches sous-épidermiques foncées, légèrement enfoncées, situées généralement à l'extrémité oculaire. La peau n'est pas touchée directement. Cette affection peut survenir avant la récolte ou se développer en cours d'entreposage. Des lésions internes peuvent apparaître n'importe où dans le tissu, de la ligne du coeur jusqu'à la peau; elles apparaissent souvent sur les faisceaux vasculaires (fig. 2). Dans les cas graves, plusieurs lésions peuvent fusionner pour former de grandes zones nécrotiques. Avec le temps, les lésions épidermiques foncent, rougissent et se creusent parfois, surtout chez la Newtown et la Golden Delicious.

Selon le lieu géographique et le cultivar, divers noms ont été donnés aux anomalies analogues à la tache amère. En anglais, on parle de *bitter pit, stippen, Baldwin spot, York spot, crinkle, crinkle pit, cork spot, storage pit, tree pit* et *lenticel blotch*. Dans la bibliographie française, ces termes sont parfois repris tels quels. Bien qu'une étiologie et des symptômes légèrement différents justifient dans une certaine mesure ces dénominations diverses, les caractéristiques anatomiques et un lien commun avec un déséquilibre minéral et d'autres facteurs préjudiciables révèlent que ces manifestations sont des variantes de la même affection. Même la tache de la Jonathan



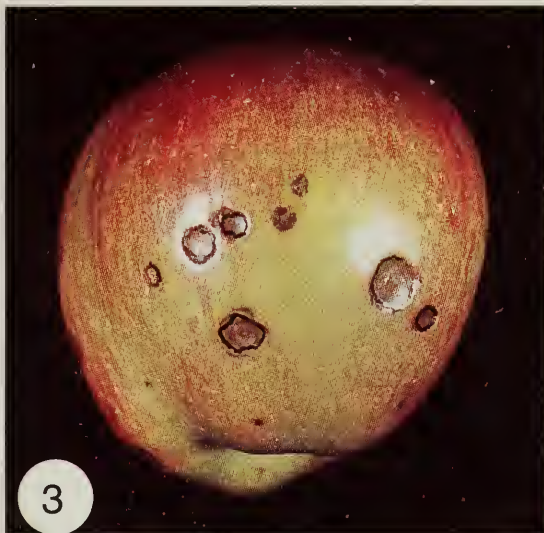



Fig. 1 Tache amère (Golden Delicious)
Fig. 2 Tache amère (Golden Delicious)
Fig. 3 Tache amère (Delicious)
Fig. 4 Maladie commune du froid (Newtown)

semble être étroitement apparentée à ces anomalies groupées sous le terme de taches spongieuses.

La tache amère est une affection qui peut frapper tous les cultivars de pommiers, quel que soit l'emplacement géographique. Elle dépend des conditions climatiques et de la conduite des vergers. Les cultivars très sensibles à la tache amère sont la Baldwin, la Boskoop, la Bramley's Seedling, la Cleopatra, la Cox's Orange Pippin, la Delicious, la Granny Smith, la Gravenstein, la Grimes Golden, la Jonathan, la Merton, la Worcester, la Newtown, la Rhode Island Greening, la Stayman, la Sturmer et la White Winter Pearmaine. Les variétés plus résistantes sont la Golden Delicious, la McIntosh et la Spartan (fig. 3).

La tache amère est causée par un déséquilibre minéral qui survient dans la chair de la pomme : concentration faible en calcium et niveaux relativement élevés de potassium et de magnésium. De faibles concentrations de calcium, en altérant la perméabilité sélective de la membrane cellulaire, provoquent la dégradation des cellules et leur nécrose. Une analyse comparative entre le tissu atteint et le tissu normal dans le même fruit révèle des concentrations anormalement élevées de minéraux, y compris de calcium, et de sucres. Ce résultat peut sembler contredire la théorie d'une carence en calcium, mais il n'est pas rare que des tissus nécrotiques perdent des glucides et des minéraux (par fuite) au profit des tissus voisins. La dissolution des lamelles mitoyennes par les acides oxalique et succinique ainsi qu'une modification de la sécrétion des protons et de la perméabilité au potassium sont d'autres hypothèses qui peuvent expliquer l'apparition de la tache amère.

La microscopie électronique a révélé que les dépressions commencent à se former de 4 à 6 semaines après la chute des pétales. Les cellules suspectes présentent des parois épaissies et renferment des dépôts inhabituels. Des traitements au calcium aident à préserver l'ultrastructure des organismes cellulaires, empêchant ainsi la formation de dépressions. Dans le tissu atteint, le taux de respiration et de production d'éthylène semble plus élevé, la synthèse de protéines et de pectine, plus forte, et la migration d'ions minéraux vers l'intérieur de cette zone, plus active. Le déplacement du calcium de la peau vers le coeur est avancé comme une cause probable de l'apparition de la tache amère près de la surface du fruit. Pour empêcher que cette maladie ne s'attaque à la Cox's Orange Pippin, il faut un traitement d'au moins 5 mg de calcium par 100 g de poids frais de tissu de pomme (fruit entier sans les pépins ni la tige).

Voici les facteurs et les pratiques culturales qui favorisent la tache amère : une vigueur excessive des arbres, la cueillette de fruits immatures, des fruits trop gros parce que peu nombreux sur l'arbre, une taille trop sévère, de fortes concentrations de potassium et de magnésium et des conditions inhabituellement chaudes et sèches, surtout lorsqu'il vente. Il faut avoir recours à des traitements qui favorisent une fructification annuelle, une vigueur modérée des arbres et des fruits plus petits, ainsi que la cueillette de fruits matures. Ne pas appliquer de pulvérisations d'azote et de magnésium au cours de l'été. Éviter les fumures qui entraîneraient une forte acidité du sol

(faible pH) et une concentration élevée d'azote. Les engrais à base d'ammonium ne sont pas recommandés. Le chaulage des sols réduit légèrement l'apparition de cette maladie, mais peut aussi diminuer les concentrations de magnésium dans l'arbre. Les séances d'irrigation doivent être établies de façon à éviter une fluctuation excessive de l'humidité du sol. Durant l'été, un élagage peut ralentir la concurrence entre le fruit et les nouvelles pousses vigoureuses qui tentent d'assimiler le calcium. Si ces pratiques culturales échouent, on recommande alors des pulvérisations estivales de chlorure de calcium, de nitrate de calcium, ou de produits brevetés comparables, et des trempages postcueillette.

Voici les conditions d'entreposage peu propices à la tache amère : un refroidissement rapide, de basses températures, une humidité relative élevée et une atmosphère contrôlée. Il est possible de déterminer le potentiel d'apparition de la tache amère en cours d'entreposage en plongeant le fruit dans une solution de 2 000 à 5 000 x 10^{-6} d'éthéphon et de l'entreposer à 20 °C pendant 7 à 10 jours. D'autres auteurs suggèrent d'exposer le fruit à 1,0 % d'acétylène à 20 °C dans une humidité relative de 90 % pendant 1 ou 2 jours. L'évaluation de la tache amère se fait au bout de 6 jours supplémentaires d'entreposage du fruit à 20 °C. Une méthode plus récente propose d'infiltrer du magnésium dans le fruit puis de garder ce dernier à 20 °C pendant 2 semaines. L'incidence et la gravité des lésions de type tache amère qui en résultent montrent la propension d'un lot de pommes donné à développer cette maladie ou d'autres troubles associés à un déséquilibre calcique.

Pour de plus amples renseignements, voir : Askew et al., 1959, 1960*a*, 1960*b*; Bangerth, 1970, 1973, 1974; Bünemann, 1972; Burmeister et Dilley, 1991; Chamel et Bossy, 1981; Coccuci et al., 1983; Eksteen et al., 1977; Faust et Shear, 1968*a*, 1968*b*; Ferguson et Watkins, 1983; Fukumoto et Nagai, 1983; Greene et Smith, 1979; Hewett et Thompson, 1989; Ludders, 1979; Mahanty et Fineran, 1975; Mielke et Facteau, 1988; Miller, 1980; Perring, 1986; Perring et Pearson, 1986; Simons et Chu, 1980, 1982, 1983; Steenhamp et al., 1983; Terblanche et Wooldridge, 1979; Tukey, 1977; Van der Boon, 1980*a*, 1980*b*; Van Lune, 1982; Wilton, 1975.

Décomposition interne

La décomposition interne (ou blettissement) est un générique utilisé pour décrire une maladie interne du fruit, qui se manifeste par le brunissement et l'amollissement du cortex. Le tissu atteint peut être sec et mal défini, comme dans le cas du brunissement de sénescence, ou être humide et clairement séparé du tissu normal, comme c'est parfois le cas avec l'affection commune du froid. Dans les deux cas, les faisceaux vasculaires prennent généralement une teinte nettement brune qui rappelle la gelure.

La cause immédiate de ce brunissement révélateur du blettissement est l'incapacité des membranes cellulaires de retenir à l'intérieur de la vacuole les précurseurs du phénol qui produisent cette

coloration. Toutefois, la raison de ce trouble membranaire qui aboutit au dérèglement des cellules n'est pas clairement établie. Tout porte à croire que l'accumulation de sorbitol et de substances volatiles, comme l'acétaldéhyde ou les esters de l'acide acétique, est un facteur favorable. Le calcium, en revanche, protège les fruits contre cette affection : il régularise la respiration, stimule l'absorption de sorbitol et réussit à prévenir une trop grande perméabilité des membranes en retenant les phospholipides.

Affection commune du froid

Entreposés au froid, les fruits de certains cultivars de pommiers développent des troubles métaboliques distincts de ceux causés par la sénescence. Mentionnons le "core flush" chez la McIntosh, le brunissement interne chez la Newtown, le blettissement chez la Jonathan et la Cox's Orange Pippin ainsi que l'échaudure molle chez la Grimes Golden et la Winter Banana. Lorsque la température d'entreposage tombe sous le seuil critique (environ 3 °C), l'incidence et la gravité des accidents causés par le froid augmentent.

L'affection commune du froid chez la Cox's Orange Pippin et la Jonathan commence par un brunissement diffus du cortex externe, généralement bien défini, plus souvent humide que sec et farineux. Au stade précoce de l'affection, la lésion est séparée de l'épiderme par une couche de tissu sain (fig. 4). Les tissus tant normaux qu'atteints dégagent parfois une odeur de fermentation. Les faisceaux vasculaires deviennent brun plus foncé que le tissu cortical. Parfois aucun symptôme externe ne trahit l'affection, mais souvent, si l'on presse le fruit, on le sent spongieux. Le tissu sain peut demeurer croquant et juteux, et, contrairement au brunissement de sénescence, cette affection n'a pas tendance à progresser quand on élève la température des fruits.

Le brunissement de sénescence, toutefois, peut suivre ou accompagner l'affection commune du froid, de sorte qu'on ne sait pas toujours exactement lequel prévaut (comme chez la Jonathan ou la Cox's Orange Pippin).

Une altération du métabolisme des isoprénoïdes et une élévation des concentrations d'acide abscissique, d'acide acétique et d'esters de l'acide acétique ont été proposées pour expliquer l'affection commune du froid. Ce trouble est favorisé par de maigres récoltes, de gros fruits, une maturité avancée des pommes à la cueillette, du temps froid vers la fin de la période de croissance et des niveaux élevés d'humidité et de CO_2 dans l'atmosphère des entrepôts. Une faible concentration d'oxygène (<1,25 %) peut favoriser l'apparition de cette affection chez la Cox's Orange Pippin. L'acide gibbérellique (GA_3) peut en réduire l'incidence lorsqu'il est appliqué sous forme de pulvérisation en précueillette ou utilisé en solution de trempage en postcueillette. Le réchauffement des fruits à 18 °C pendant plusieurs jours durant l'entreposage est aussi un traitement efficace.

L'affection commune du froid semble causée par de faibles concentrations de phosphore et, dans une moindre mesure, par de







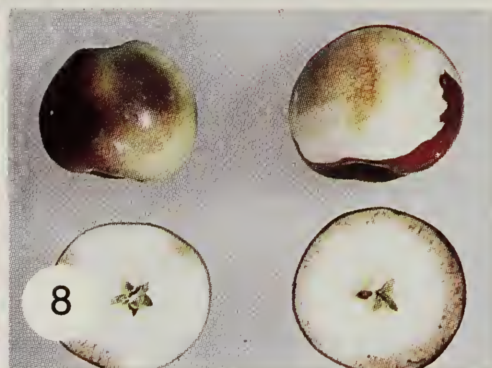


Fig. 5 Brunissement de sénescence (Golden Delicious)
Fig. 6 Sénescence farineuse (McIntosh)
Fig. 7 Coeur aqueux (Delicious)
Fig. 8 Brunissement de sénescence (Spartan)

faibles concentrations de potassium et de magnésium. L'augmentation du niveau de calcium dans le fruit aide à réduire l'incidence de cette affection. Des conditions d'entreposage qui favorisent une déshydratation des fruits contribuent à réduire le blettissement chez la Jonathan, cultivar sensible aux affections du froid.

Voici la liste des cultivars sensibles : la Cox's Orange Pippin, la Fameuse, la Grimes Golden, la Jonathan, la Northwest Greening, la Rome Beauty, la Wealthy, la Ribston et la Winter Banana. Ceux qui sont moins sujets à cette affection sont les cultivars suivants : la Delicious, la Granny Smith, la McIntosh, la Rhode Island Greening, la Spartan, la Winesap et la York Imperial. La McIntosh, toutefois, peut être sensible à de basses températures sous une atmosphère contrôlée.

Pour de plus amples renseignements, voir : Autio et al., 1986; Eaves et Hill, 1940; Faust et al., 1969; Fidler et North, 1970; Meheriuk et al., 1984; Perring, 1985; Perring et Pearson, 1988; Scott et Wills, 1979; Smith, 1958; Webster et Lidster, 1986; Wills et Scott, 1972; Wills et Scott, 1976; Wills et Scriven, 1979; Wills et al., 1978; Wills et al., 1976; Wills et al., 1973; Yogaratnum et Sharples, 1982.

Brunissement de sénescence

Comme son nom le suggère, le brunissement de sénescence est causé par le vieillissement et il est aggravé par une maturité avancée des fruits à la cueillette, un refroidissement retardé, des températures d'entreposage élevées, une forte humidité, un entreposage prolongé, de maigres récoltes, de gros fruits et le coeur aqueux.

L'affection débute généralement dans le tissu sous-épidermique, souvent près de l'extrémité oculaire (fig. 5). Lorsque le fruit est retiré de l'entrepôt frigorifique et exposé à des températures plus hautes, l'affection gagne rapidement d'autres parties du fruit. Sous l'action du blettissement, la peau des cultivars rouges s'assombrit et celle des cultivars verts ou jaunes brunit. Chez les fruits sensibles, des meurtrissures causées vers la fin de la période d'entreposage accélèrent souvent le blettissement.

Parfois, tout le fruit devient sec et farineux, et, dans certains cas, le fruit se fend profondément, par exemple dans le cas de la sénescence farineuse de la McIntosh (fig. 6). Cette forme de brunissement de sénescence peut se produire sur l'arbre (la Lodi et la Transparent) ou durant un entreposage prolongé (la McIntosh).

Le brunissement de sénescence peut frapper n'importe quel cultivar de pommier. La sensibilité à cette affection dépend de la teneur du fruit en calcium; des pulvérisations foliaires ou des traitements de postcueillette avec des solutions de sels de calcium ralentissent efficacement le blettissement. Le brunissement de sénescence chez la Jonathan est en corrélation avec le ratio K/Ca hydrosolubles, mais non avec la teneur en Ca total ou hydrosoluble. Les conditions d'entreposage sous atmosphère contrôlée qui retardent la sénescence réduisent aussi l'incidence du brunissement de sénescence. Des cultivars comme la Delicious et la Winesap, bien que résistants au

blettissement, manifestent souvent ce trouble si le coeur est aqueux (fig. 7). De fortes concentrations de sorbitol s'accumulent dans les tissus touchés par le coeur aqueux, mais on ignore le rôle joué par ce composé dans le développement du blettissement. Le sorbitol stimule la production de substances volatiles; on a trouvé de fortes concentrations d'acétaldéhyde et d'acétate dans les pommes atteintes de blettissement. Un rapport signale une incidence accrue de blettissement chez les pommes McIntosh aspergées avec de la daminozide et cueillies tardivement (Laugheed et al., 1983).

Le brunissement de sénescence chez la Spartan (fig. 8) n'est pas associé à de basses températures d'entreposage et, contrairement à la plupart des formes de cette affection, il n'est pas clairement lié à la maturité. Sa manifestation est réduite, voire dans certains cas empêchée, par un entreposage prolongé au froid ou par la conservation dans un entrepôt peu humide. Il n`y a pas de corrélation entre le blettissement de la Spartan et la teneur en calcium du tissu du fruit. Des pulvérisations de calcium ou le trempage dans des solutions de calcium sont des moyens efficaces de réduire ou d'empêcher cette affection chez ce cultivar.

Pour de plus amples renseignements, voir : Autio et al., 1986; Bangerth, 1973; Blanpied, 1981; Bramlage et al., 1985; Clijsters, 1965; Eaves et Hill, 1940; Faust et al., 1969; Lidster, 1983; Lougheed et al., 1983; Martin et al., 1969; Mason, 1979; Perring et al., 1985; Pierson et al., 1971; Plagge et Maney, 1937; Porritt et Meheriuk, 1973; Porritt et al., 1975; Roberts et al., 1965; Saks et al., 1990; Scott et Roberts, 1968; Scriven et Wills, 1984; Sharples, 1964; Van Lune, 1982; Wills, 1981; Wills et Scott, 1974; Wills et al., 1978.

Brunissement vasculaire

Le brunissement vasculaire est un trouble de sénescence des pommes qui, comme son nom l'indique, entraîne le brunissement des principaux faisceaux vasculaires et de certains tissus adjacents. Le reste du cortex est normal, sauf dans les cas graves où les zones touchées irradient dans la chair, lui donnant un aspect brunâtre et aqueux (fig. 9). Les pommes sérieusement atteintes de brunissement vasculaire souffrent généralement du brunissement de sénescence. Une forme de brunissement vasculaire se retrouve chez les poires gardées trop longtemps en entrepôt : il en sera question lorsqu'on traitera du coeur brun de la poire.

En Nouvelle-Écosse, le brunissement vasculaire intervient chez les cultivars Gravenstein, McIntosh, Ribslon et Wagener. L'incidence et la gravité varient selon la saison, le verger et l'arbre. Ce trouble est associé à des saisons de croissance fraîches et risque d'être important après 6 ou 7 mois de conservation en entrepôt frigorifique à 0 °C ou sous atmosphère contrôlée à 3 °C. Comme d'autres formes de brunissement de sénescence, le brunissement vasculaire s'intensifie lorsque le fruit atteint est gardé à la température ambiante. En Australie, le brunissement vasculaire a frappé la Cox's Orange Pippin









Fig. 9 Brunissement vasculaire (McIntosh)
Fig. 10 Lésions externes causées par le gaz carbonique (McIntosh)
Fig. 11 Lésions externes et internes causées par le gaz carbonique (Golden Delicious)
Fig. 12 Lésions internes causées par le gaz carbonique (McIntosh)

et la Sturmer qui ont été récoltées tard et gardées à des températures élevées pour éviter l'affection commune du froid.

Pour de plus amples renseignements, voir : Carne, 1948; Carne et Martin, 1938; Eaves et Hill, 1940.

Altération causée par le gaz carbonique

Une altération causée par le gaz carbonique ou dioxyde de carbone peut survenir dans les fruits qui sont gardés en entrepôt sous atmosphère contrôlée, emballés dans des contenants hermétiques, transportés dans des véhicules mal ventilés ou traités au CO_2 après la cueillette. La gravité de l'affection dépend du cultivar, de la température, de la concentration de O_2 et de CO_2 dans l'atmosphère, de la durée de l'exposition à de fortes concentrations de CO_2, de la maturité du fruit et de son état. Les pommes exposées à de fortes concentrations de CO_2 accumulent de l'acétaldéhyde, de l'éthanol ainsi que des acides acétique, malique, fumarique, citrique et succinique, peut-être en raison d'une diminution de l'activité des enzymes qui interviennent dans la glycolyse et le cycle de Krebs. Toutefois, on ignore si l'un ou plusieurs de ces composés peuvent causer des altérations provoquées par le CO_2. La sensibilité variable des cultivars et de chaque fruit à ces altérations tient peut-être plus à des différences anatomiques (grosseur des espaces intercellulaires, taux de diffusion des gaz à l'intérieur des pommes) qu'à des différences biochimiques. Le dioxyde de carbone se répand plus lentement que l'oxygène dans les tissus des fruits. La teneur des pommes en oxygène demeure aux alentours de la concentration ambiante et la forte affinité de la cytochrome-oxydase pour l'oxygène pourrait expliquer pourquoi il est rare qu'une altération causée par un manque d'oxygène se produise quand il y a des lésions graves causées par du CO_2.

Lésions externes causées par le gaz carbonique

Une altération externe causée par le CO_2 chez la pomme (fig. 10 et 11) apparaît sous forme de lésions épidermiques rudes, brunes ou bronzées, souvent bien définies et légèrement renfoncées. Elles font penser un peu à l'échaudure et apparaissent sur les surfaces non rougies de la peau des cultivars colorés, comme la Delicious. Chez la Golden Delicious, les symptômes sont plus apparents dans la cuvette oculaire.

Un manque d'oxygène, l'immaturité des fruits, l'enrichissement rapide de l'atmosphère en CO_2 avant que les fruits n'aient eu le temps de refroidir et une surface mouillée des fruits sont des facteurs qui contribuent à l'apparition de ces lésions chez les fruits entreposés sous atmosphère contrôlée. Les dommages se produisent généralement tôt durant la période d'entreposage sous atmosphère contrôlée, et ni le nombre de fruits, ni l'étendue de la surface touchée n'augmentent avec le temps d'entreposage. L'effet de la température n'a pas été clairement déterminé, mais de fortes températures (près de 10 °C) semblent moins

propices à l'apparition de ce trouble. Cependant, mieux vaut ne pas conserver les fruits à ces températures, car la qualité s'en ressent.

Lésions internes causées par le gaz carbonique

L'altération interne causée par le gaz carbonique (fig. 11 et 12), appelée aussi coeur brun, se manifeste par un brunissement nécrotique assez bien défini des tissus du cortex et du coeur, lesquels, fermes et humides au début, ne tardent pas à s'assécher à mesure que leur humidité gagne les tissus sains environnants. À mesure que la dessiccation progresse, des cavités se creusent et se tapissent de tissu sec brun pâle. L'apparence extérieure du fruit demeure normale, sauf chez les spécimens gravement atteints dont la surface peut accuser des dépressions.

Chez certains cultivars, le tissu voisin des principaux faisceaux vasculaires est particulièrement sensible à cette affection. Chez d'autres, de petites zones endommagées peuvent apparaître ici et là, au hasard. L'évolution de l'affection arrête quand les causes disparaissent.

En général, la sensibilité des fruits aux dommages internes causés par le CO_2 augmente en fonction des facteurs suivants : degré de maturité et grosseur du fruit, retard à les refroidir, froid dans les entrepôts et pauvreté de l'atmosphère en oxygène. La sensibilité aux dommages tant externes qu'internes causés par le CO_2 varie d'un arbre à l'autre et peut dépendre des conditions de croissance saisonnières.

Des études réalisées sur la Golden Delicious montrent qu'il n'y a aucune relation entre la composition minérale du fruit et la tolérance au CO_2, mais qu'il existe une corrélation positive entre la teneur en azote du fruit et la gravité des dommages. Voici les cultivars sensibles au CO_2, notamment : la Cortland, la Cox's Orange Pippin, la Fameuse, la Golden Delicious, la Granny Smith, la Jonathan, la McIntosh, la Northern Spy, la Rome Beauty et la Wealthy, tandis que la Delicious et la Spartan sont moins sujettes aux symptômes externes ou internes. La Newtown Wonder peut subir des lésions lorsqu'elle est soumise à 3 % de CO_2 dans l'atmosphère, tandis que la Worcester Permain tolère jusqu'à 13 % de CO_2. Le coeur brun et, dans certains cas, le brunissement interne, dépendent de la concentration en CO_2 dans l'atmosphère d'entreposage.

Pour de plus amples renseignements, voir : Bramlage et al., 1977; Carne, 1948; Faust et al., 1969; Handwerker, 1979; Lau et Looney, 1978; Lidster et al., 1990; Meheriuk, 1979; Muraoka et al., 1958*a*, 1985*b*.

Altération causée par des produits chimiques

Durant la manutention et l'entreposage, les fruits peuvent être exposés à des produits chimiques qui peuvent les endommager si ces produits sont mal utilisés ou si les fruits y sont sensibles. Une vapeur ou une solution phytotoxiques pénètrent dans le fruit par les lenticelles ouvertes, causant des dommages localisés, dont la gravité dépend de

la concentration de l'agent et de la durée d'exposition. Une altération peut aussi être provoquée par la précipitation de substances en solution (poudres mouillables ou émulsions qui se décomposent), qui adhéreront alors à la surface du fruit.

Les traitements chimiques appliqués actuellement aux pommes après la cueillette comprennent l'emploi d'inhibiteurs de l'échaudure, de fongicides, de sels de calcium pour lutter contre le blettissement et la tache amère, de détergents pour nettoyer les fruits et de cires pour en améliorer l'apparence. S'il semble avantageux de combiner certaines de ces substances en un seul et même traitement, il faut se méfier d'une phytotoxicité possible.

Ammoniac

L'ammoniac sert d'agent réfrigérant dans de nombreux entrepôts frigorifiques, mais il endommage les fruits s'il s'échappe dans l'entrepôt. La gravité des dommages dépend de la concentration du gaz, de la durée d'exposition ainsi que de l'espèce et de la variété du fruit (fig. 13 et 14).

La détection olfactive survient aux environs de 50×10^{-6}, mais 700×10^{-6} irrite immédiatement les yeux. Les pommes sont endommagées par 0,2 % d'ammoniac.

Le premier signe d'altération est une modification de la pigmentation autour des lenticelles. Les anthocyanines, principaux pigments qui produisent la coloration rouge de la pomme, virent au bleu foncé à mesure que les cellules s'alcalinisent sous l'action de l'ammoniac. Les lenticelles situées sur les surfaces épidermiques rouges de certains cultivars peuvent apparaître comme des taches blanches proéminentes entourées d'un anneau foncé de 1 à 2 mm de diamètre. Chez certaines pommes, par exemple la McIntosh, les surfaces rouges peuvent, sous l'effet de l'ammoniac, prendre une teinte violacée, sans que l'apparence des lenticelles n'en soit vraiment modifiée.

Si seule la pigmentation anthocyanique a été altérée — même si les dommages semblent graves — le fruit ne tardera pas à guérir sans lésion permanente à condition qu'on le place immédiatement à l'air frais. Par contre, les dommages causés autour des lenticelles sont généralement permanents et prennent l'apparence d'une tache brune circulaire renfoncée, à mesure que les cellules blessées se déshydratent.

La peau des pommes jaunes ou oranges contient des anthoxanthines qui virent au brun ou au fauve sous l'action de l'ammoniac. Ce changement de coloration n'est pas aussi réversible que pour les anthocyanines. Étant donné que la plupart des pommes sont sensibles aux vapeurs ammoniaques, il est recommandé d'installer des détecteurs dans les entrepôts.

Pour de plus amples renseignements, voir : Brennan et al., 1962; Dewey, 1952; Pierson et al., 1971; Ramsey et Butler, 1928.

Sels de calcium

Les sels de calcium (chlorure de calcium ou nitrate de calcium) sont souvent utilisés en pulvérisations de précueillette ou en trempages de postcueillette pour lutter contre la tache amère et le blettissement des pommes. Le chlorure de calcium risque moins d'être dommageable que le nitrate de calcium, mais la tolérance dépend de la concentration, du cultivar, des adjuvants, de la méthode de traitement et des conditions de croissance. Les lésions causées par les solutions de trempage se produisent souvent sur les lenticelles et s'expliquent probablement par la plasmolyse quand il y a de fortes concentrations de sels. Le tissu s'assombrit sous l'effet d'une oxydation et se creuse en se déshydratant. Dans d'autres cas, des dommages peuvent apparaître sur les sépales et sur la peau de la cuvette oculaire. La dessiccation des tissus endommagés se manifeste souvent par des fendillements autour du calice, surtout dans la cuvette oculaire, et le tissu ainsi mis à nu risque d'être envahi par la pourriture (fig. 15). Quand des solutions de calcium sont introduites dans les fruits sous vide ou sous pression, les dommages causés aux cultivars dont les tubes calicinaux sont ouverts ou dont la peau est perméable peuvent être considérables, tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. La Golden Delicious (fig. 16), qui a parfois un calice ouvert de même qu'une peau perméable, est sujette aux atteintes d'un traitement au calcium appliqué sous vide ou sous pression, mais des cultivars comme la McIntosh, la Delicious, la Spartan et la Cox's Orange Pippin y sont moins sujets. Les conditions de croissance semblent jouer pour beaucoup sur l'ouverture du calice chez la pomme.

Des applications foliaires de $CaCl_2$ peuvent être phytotoxiques, comme l'a montré, en Afrique du Sud, l'apparition de taches nécrotiques sur la Golden Delicious entreposée après ce traitement. Les pulvérisations tardives accroissent le risque d'une telle anomalie. De fortes concentrations de $CaCl_2$ (4 % p/v) provoquent la formation de halos rouges autour des lenticelles sur la Golden Delicious. Des études révèlent un plus grand risque d'endommagement par le calcium si les conditions de croissance sont fraîches et nuageuses et si le fruit dans l'arbre n'est pas très coloré.

L'ajout d'éthoxyquine ou de bénomyl à une solution de calcium peut augmenter le risque de phytotoxicité et la gravité des lésions. La diphénylamine, cependant, semble jouer un rôle favorable dans l'absorption du calcium. La lécithine a un effet synergique dans des solutions de chlorure de calcium pour lutter contre les troubles associés au calcium. La teneur en Ca de la chair peut être sensiblement accrue si on ajoute de la gomme de xanthane aux solutions de calcium. Les gommes, en rendant la solution plus visqueuse, permettent à celle-ci de mieux adhérer à la peau du fruit. La peau des Delicious trempées dans une solution de $CaCl_2$, d'éthoxyquine et de gomme de guar acquerra une coloration anormale durant l'entreposage ultérieur. Il est donc essentiel de peser l'efficacité et la phytotoxicité de toute solution de trempage en postcueillette.









Fig. 13 Lésions causées par l'ammoniac (Golden Delicious)
Fig. 14 Lésions causées par l'ammoniac (Delicious)
Fig. 15 Lésions causées par le chlorure de calcium (Spartan)
Fig. 16 Lésions causées par le chlorure de calcium (Golden Delicious)

Pour de plus amples renseignements, voir : Harbernburg et Anderson, 1979; Johnson et Marks, 1981; Johnson et al., 1980; Lidster, 1983; Terblanche et al., 1971.

Diphénylamine

Un traitement à la diphénylamine (DPA) pour lutter contre l'échaudure est généralement plus dommageable aux fruits que l'emploi d'éthoxyquine, en particulier s'il s'agit de poudres mouillables. La DPA peut produire des lésions épidermiques foncées, semblables à celles causées par l'éthoxyquine (fig. 17). De plus, il arrive que les solutions de DPA se décomposent et que des cristaux se forment sur les fruits, altérant leur épiderme pendant l'entreposage au froid. L'anomalie se présente comme une lésion noire qui se forme sur la peau pour s'étendre parfois aux tissus sous-jacents. Dans d'autres cas, elle peut s'accompagner d'une coloration bleuâtre anormale du tissu cortical, loin de la lésion épidermique. Étant donné que la Golden Delicious peut se teinter légèrement de bleu lorsqu'elle est exposée à la DPA, il est préférable d'utiliser l'éthoxyquine pour lutter contre l'échaudure qui s'attaque à ce cultivar. Par contre, la DPA semble plus compatible avec les sels de calcium que l'éthoxyquine dans les traitements de postcueillette, et l'on prétend qu'elle renforce l'action du calcium contre le blettissement et la tache amère. L'innocuité de cette combinaison dépend probablement de la tolérance du cultivar ainsi que de la concentration de sel de calcium; on devrait éviter d'employer cette combinaison tant que des limites n'auront pas été fixées.

Pour de plus amples renseignements, voir : Eksteen, 1980; Nardin et Trevisani, 1986; Pierson et Schomer, 1968; Scott et Wills, 1975.

Éthoxyquine

Des dommages peuvent être causés à des fruits entreposés si du liquide contenant de l'éthoxyquine s'accumule dans le bas des cellules d'entreposage après un arrosage à fond. L'éthoxyquine devient plus concentrée à mesure que l'eau s'évapore durant l'entreposage ultérieur au froid, et, sur les fruits en contact avec ce liquide, on voit apparaître un anneau noirâtre de tissu nécrotique. Le tissu situé au centre de l'anneau peut ne pas être affecté, car le contact étroit avec le sol de la cellule empêche le liquide de l'atteindre (fig. 18). Jusqu'à présent, on n'a signalé aucun dommage causé par le liquide retenu dans les cuvettes oculaire ou pédonculaire ni aux points de contact entre les pommes. Une décoloration grave se produit sur les pommes Delicious trempées dans une solution composée d'éthoxyquine, de $CaCl_2$ et de gomme de guar.

Pour de plus amples renseignements, voir : Meheriuk, 1981; Porritt et Meheriuk, 1968; Sharples et Johnson, 1976.

Fréon

Outre l'ammoniac, plusieurs chlorofluorocarbures (CFC), connus dans le commerce sous divers noms – notamment l'Arcton, le Fréon, le Frigen et le Génétron – servent de réfrigérants, en particulier le CFC-12. Ces réfrigérants sont des gaz limpides, incolores, qui répandent une odeur doucereuse s'ils sont très concentrés. Bien que l'on n'ait jamais signalé dans la bibliographie des dommages causés aux pommes et aux poires par l'un des CFC, on a observé des lésions chez les McIntosh accidentellement exposées au CFC-12 en cours d'entreposage. Il est donc possible que ce dernier endommage les fruits, s'il s'échappe dans l'entrepôt, tout dépendant de la concentration et du temps d'exposition.

Le CFC-12, lorsqu'il traverse la peau des fruits, tue les cellules du cortex, en commençant par celles qui se situent immédiatement sous l'épiderme (fig. 19). Lorsque ces cellules meurent, leur contenu s'épanche; le tissu noircit sous l'effet de l'oxydation et finit par s'effondrer en se déshydratant. La lésion prend une texture liégeuse sèche. La dessiccation des tissus atteints peut se manifester par de légères dépressions à la surface du fruit. L'élimination du CFC-12 par l'aération de l'entrepôt stoppe normalement la progression des dommages.

Coeur brun

Le coeur brun est une affection de conservation des pommes qui se caractérise par un brunissement diffus de la chair entourant les carpelles, sans distinction nette entre le tissu normal et la partie touchée (fig. 20). Chez certains cultivars, le trouble commence par une coloration anormale, rosâtre ou jaunâtre. Le coeur brun apparaît chez les fruits sensibles après trois ou quatre mois d'entreposage au froid et s'accentue rapidement lorsqu'ils sont transférés dans un endroit plus chaud.

Le coeur brun survient à des températures d'entreposage de −0,5 à 3,5 °C, mais peut se déclarer occasionnellement à 4,5 °C ou moins. En retardant le refroidissement des fruits après la cueillette, il est possible de réduire cette affection, mais l'état de conservation du produit risque d'en souffrir. Sur la Granny Smith, il est possible de limiter les dommages en abaissant graduellement la température durant les premières semaines d'entreposage. Un réchauffement provisoire durant l'entreposage est un moyen efficace de prévenir le coeur brun.

D'autres facteurs que la température peuvent jouer sur la sensibilité du fruit au coeur brun. Ce trouble risque de se produire chez les fruits qui sont riches en azote, gros, situés à l'ombre sur l'arbre, récoltés après une longue période de temps nuageux, humide ou frais, ou produits sur un sol irrigué fréquemment. Une maturité avancée a tendance à en réduire l'incidence, mais pas chez la Lombart's Calville, qui est plus souvent atteinte par le coeur brun si elle est récoltée tardivement. Les moyens de lutte sont un entreposage






Fig. 17 Lésions causées par la diphénylamine (Delicious)
Fig. 18 Lésions causées par l'éthoxyquine (Winesap)
Fig. 19 Lésions causées par le Fréon (McIntosh)
Fig. 20 Coeur brun (Newtown)









Fig. 21 **Brunissement du coeur et de l'extrémité pédonculaire (McIntosh)**
Fig. 22 **Brunissement interne (Delicious)**
Fig. 23 **Gelure (McIntosh)**
Fig. 24 **Lésions causées par l'eau chaude (Delicious)**

retardé, des pulvérisations de P, des pulvérisations de Ca, des trempages dans l'éthoxyquine et la diphénylamine, le paraffinage et des traitements thermiques avant l'entreposage. Dans les entrepôts sous atmosphère contrôlée, une trop forte concentration de CO_2 a tendance à augmenter l'affection, en particulier si la concentration d'oxygène est, elle aussi, élevée. L'entreposage dans une atmosphère pauvre en oxygène (<2 %), cependant, est l'un des traitements les plus efficaces pour lutter contre le coeur brun.

Un excédent ou une carence en bore peuvent occasionner cette affection. Le coeur brun causé par une déficience en bore diffère de l'affection courante par des zones liégeuses clairsemées, ailleurs dans la chair. En revanche, un excès de bore peut provoquer des symptômes impossibles à distinguer du coeur brun ordinaire.

Des études morphologiques montrent que les volumes cellulaires des cultivars sensibles et des cultivars résistants sont de taille comparable. Le coeur brun chez la Cox's Orange Pippin correspond bien au pourcentage de matière sèche enregistré de la fin d'août à la récolte. On a constaté une augmentation des concentrations de Cu et de Mg dans le cas des tissus atteints par le coeur brun chez la Spartan.

Voici la liste des cultivars sujets au coeur brun : la Baldwin, la Granny Smith, la Gravenstein, la Grimes Golden, la McIntosh, la Newtown et la Rhode Island Greening. Les moins sensibles sont, entre autres : la Cox's Orange Pippin, la Delicious, la Gloster, la Golden Delicious, la Jonathan, la Lombart's Calville, la Rome Beauty, la Spartan et la Sturmer.

L'affection sur la McIntosh s'accompagne souvent du brunissement de la peau et de la chair sous-jacente dans la cuvette pédonculaire (fig. 21). Les deux états semblent liés, car, l'un comme l'autre sont causés par les mêmes facteurs durant la croissance et l'entreposage, et s'aggravent quand les fruits sont transportés à la température ambiante. Les fruits situés à l'extrémité des branches et ceux dont la cuvette pédonculaire est peu profonde sont plus sujets au brunissement de la cuvette pédonculaire que les autres.

Pour de plus amples renseignements, voir : Carroll, 1968; Chiu, 1984; Dalton et al., 1982; Fidler et North, 1965; Little et al., 1985; Lougheed et al., 1978; Pierson et al., 1971; Scott et Wills, 1976*a*, 1976*b*; Sharples et Johnson, 1987.

Brunissement interne

Le brunissement interne se manifeste par une coloration brune diffuse de la chair de la pomme, sans contour défini. Elle peut toucher le cortex, la pulpe entourant le coeur ou les deux. Aux stades avancés, le brunissement peut s'étendre à la majeure partie de la chair du fruit (fig. 22). Contrairement à la gelure ou au blettissement, où les faisceaux vasculaires sont bruns, ces derniers ont généralement l'air normaux. L'apparence de la pomme n'a pas tendance à trahir l'anomalie, et la texture du fruit, sauf dans les cas particulièrement avancés, n'est pas modifiée. L'examen microscopique révèle la présence

de cellules brunes, mortes, éparpillées parmi des cellules apparemment saines.

Sur la Newtown, l'affection commence généralement dans le tissu adjacent aux faisceaux vasculaires et se voit plus facilement en section transversale à la jonction de la tige et des carpelles. Le brunissement interne chez la Newtown et chez d'autres cultivars est avant tout une anomalie causée par le froid, qui se manifeste durant l'entreposage à des températures inférieures à 3 °C. L'affection peut se déclarer après 2 ou 3 mois d'entreposage au froid, tout dépendant de la sensibilité du cultivar, et elle continuera de progresser après la sortie des fruits de l'entrepôt.

Les pommes cultivées au froid sont prédisposées au brunissement interne. Les fruits qui poussent à l'ombre sur l'arbre y sont plus sujets que ceux exposés au soleil. Il ne semble pas y avoir de relation constante entre ce trouble et les concentrations en sucre ou en acide dans le fruit, mais l'affection est souvent plus étendue sur les gros fruits ou ceux qui proviennent d'arbres touffus, riches en azote ou peu vigoureux. Une récolte tardive et un entreposage au froid retardé en augmentent l'incidence.

On a constaté que l'apparition du brunissement interne était précédée d'une augmentation de la perméabilité cellulaire (mesurée par la résistance électrique). De plus, le fait qu'une ventilation accrue, que l'aération des fruits ou que leur enrobage dans des emballages imprégnés d'huile réduit cette affection laisse supposer qu'une substance volatile serait en cause.

Le brunissement interne peut apparaître sur les cultivars suivants : la Baldwin, la Boskoop, la Cox's Orange Pippin, la Delicious, l'Elstar, la Jonagold, la Jonathan, la Lombart's Calville et la Rhode Island Greening. Sur la Jonathan et la Delicious, cette maladie est parfois associée au coeur aqueux. Sur la Jonathan et la Cox's Orange Pippin, le brunissement du cortex qui survient durant l'entreposage à basse température peut constituer en fait les premiers stades de la maladie commune du froid. Les résultats obtenus sur la Delicious montrent que le brunissement interne est atténué pas une récolte précoce, une élévation des températures d'entreposage, le trempage dans des solutions de calcium et l'abaissement de la concentration de CO_2 dans les entrepôts sous atmosphère contrôlée. Par ailleurs, des études menées sur la Jonathan montrent l'importance d'éviter la récolte tardive et de limiter la concentration de CO_2 aux environs de 1 % si l'on veut supprimer cette affection.

Les effets de la grosseur du fruit, du degré de maturité, des substances volatiles, du calcium et des conditions d'entreposage, tant sur le brunissement interne que sur la maladie commune du froid, se ressemblent suffisamment pour suggérer que les deux affections sont la manifestation d'un même désordre métabolique.

Pour plus de renseignements, voir : Godwin et Ehlermann, 1983; Henze, 1971; Meheriuk et al., 1984; Overholzer et al., 1923; Schouten, 1986; Winkler, 1923.

Gelure

L'amélioration des systèmes de réfrigération utilisés à l'entreposage et au cours du transport a réduit ou éliminé les dommages causés par le gel après la cueillette (fig. 23). Toutefois, il arrive que les températures tombent sous le point de congélation à certains moments ou à certains endroits avant la fin de la cueillette. La température et la durée d'exposition déterminent alors l'ampleur des dommages. Les autres facteurs qui influent sur le gel sont les suivants : la vitesse du vent, le degré de protection du fruit dans l'arbre, sa hauteur dans l'arbre et sa grosseur (les gros fruits renferment plus de chaleur). La formation de glace dans les lacunes intercellulaires donne aux tissus une apparence vitreuse, mais n'endommage pas les tissus. Les fruits, cependant, ont alors tendance à respirer plus rapidement, à être plus sensibles à la pourriture, à amollir plus vite que les fruits intacts et à devenir farineux. Une gelure plus forte occasionne la formation de gros cristaux de glace, qui brisent les membranes et les parois cellulaires et provoquent un brunissement enzymatique profus puis, finalement, la mort des cellules. Une fois dégelé, le fruit gravement endommagé par le gel est brun, mou et humide. Une gelure modérée peut tuer des faisceaux vasculaires, qui deviennent alors brun foncé, contrastant avec le tissu cortical moins endommagé. Les tests effectués sur la Delicious révèlent l'existence de deux points de congélation (exothermes), l'un à –2,1 °C et l'autre à –4,7 °C. Le gel à l'exotherme 1 comporte la formation de glace dans les lacunes intercellulaires; à l'exotherme 2, il entraîne la formation de glace à l'intérieur des cellules.

Une gelure bénigne superficielle provoque une coloration brune anormale de la peau, souvent accompagnée de l'apparition de zones séreuses aux contours irréguliers. Durant l'entreposage, la lésion peut demeurer intacte ou se creuser, tout dépendant des dommages causés au tissu sous-épidermique, qui perd plus facilement de l'eau après avoir souffert de gelure. Les dégâts internes causés par le gel entraînent une coloration brune anormale des tissus blessés, qui, en se desséchant, peuvent devenir caverneux durant l'entreposage ultérieur au froid. Les lésions épidermiques et les dommages internes peuvent se produire indépendamment ou simultanément dans le même fruit. Le volume d'une pomme gelée peut diminuer parfois du dixième, et la peau, se rider perceptiblement. Au dégel, la pomme reprend cependant la majeure partie du volume original. Les fruits que l'on pense être gelés doivent être manutentionnés délicatement, car les meurtrissures sont plus sérieuses dans les tissus gelés. De plus, en les déplaçant, on risque de provoquer la formation de glace dans les tissus en surfusion. Lorsque les fruits dégèlent, on constate que les meurtrissures sont souvent coniques, la pointe s'enfonçant profondément dans la chair sous le point d'impact.

Le dégel plus ou moins rapide des tissus gelés, entre 0 °C et 20 °C, a peu d'effet sur l'ampleur des dommages. Si le fruit demeure gelé plus longtemps parce que le dégel s'étend sur des jours ou des semaines, les lésions causées par la gelure peuvent s'aggraver. Le fruit qu'on dégèle





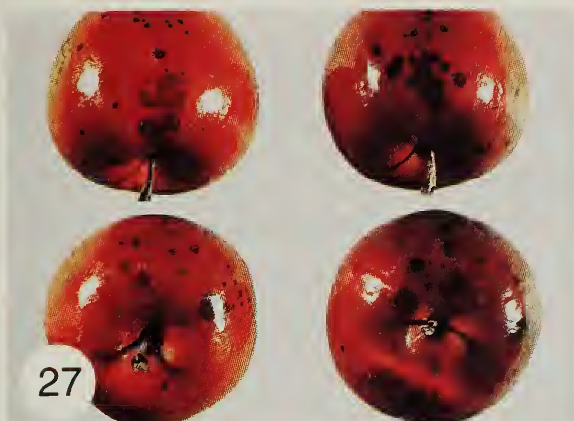




Fig. 25 Lésions causées par l'eau chaude (McIntosh)
Fig. 26 Insolation (Golden Delicious, Shamrock et Fuji)
Fig. 27 Tache de la Jonathan (Jonathan)
Fig. 28 Tache de la Jonathan (Winesap)

en l'immergeant dans l'eau peut en absorber suffisamment pour se fendre. Des observations prouvent que les pommes qui ont gelé sur l'arbre subissent moins de dommages résiduels que les fruits exposés aux mêmes conditions après avoir été cueillis.

Pour les pommes, le point de congélation moyen, déterminé par maints essais sur de nombreux cultivars, est de -2 °C, la marge s'étalant de -1,4 à -2,3 °C. Les pommes peuvent habituellement supporter des températures inférieures de 1 à 2 °C à leur point de congélation pendant de brèves périodes (de 24 à 48 h) sans présenter de dégâts visibles après le dégel. Par ailleurs, rien ne prouve que le point de congélation change durant un long entreposage. Les points de congélation dépendent de la quantité de substances dissoutes dans le cytoplasme (p. ex. sucres, acides organiques).

Les fruits gelés qui ne montrent aucun dommage apparent devraient être commercialisés rapidement ou transformés peu après que la gelure a été constatée.

Pour de plus amples renseignements, voir : Bir et Bramlage, 1973; Bir et al., 1973; Carne, 1948, 1924; Carrick, 1928; Fisher et al., 1953; Simons et Doll, 1976; Smock, 1970, 1972.

Abrasion

Les pommes sont très résistantes à l'abrasion, mais elles peuvent rester marquées si, durant leur déplacement, elles se font brasser dans des boîtes insuffisamment remplies. Les symptômes ressemblent à ceux qu'on observe sur les poires : coloration brun foncé à noire de la peau. C'est l'oxydation des composés phénoliques dans l'épiderme qui provoque cette teinte anormale. Pour un exposé plus complet sur l'abrasion, se reporter au même sujet dans la partie traitant de la poire, fruit plus délicat.

Lésions thermiques

Air chaud ou eau chaude

Certains traitements de postcueillette peuvent causer des lésions thermiques aux pommes (fig. 24 et 25). Un traitement à l'eau chaude peut être appliqué aux pommes pour inhiber le développement de l'échaudure et la croissance des champignons microscopiques. Mais, pour éviter les affections, on doit contrôler soigneusement la température et le temps d'exposition. Il arrive que l'eau chaude appliquée avant le paraffinage ou que le jet d'air chaud qui sert à sécher les fruits paraffinés laissent des blessures. Un contact avec de l'eau à 55 °C pendant 30 secondes peut causer des dommages latents à la peau des pommes. Ceux-ci finissent par se manifester après plusieurs semaines d'entreposage, par un brunissement diffus de la peau, comme dans le cas de l'échaudure commune et, à l'instar de cette affection, les parties non rougies sont touchées de préférence aux autres. Les mamelons de la Delicious sont très sensibles à la chaleur, car leur température augmente plus rapidement que dans le reste de

la pomme lorsque celle-ci est exposée à de l'air chaud ou à de l'eau chaude (de 38 à 40 °C). Rappelons qu'un traitement thermique administré avant l'entreposage permet aux pommes de mieux se conserver et réduit l'incidence des maladies. En revanche, une exposition à 46 °C pendant 24 h ou à 42 °C pendant 48 à 96 h entraîne la formation de plaques brunes sur la peau et le brunissement de la chair près des faisceaux vasculaires.

Pour de plus amples renseignements, voir : Klein et Lurie, 1992; Maxie et al., 1974; Porritt et Lidster, 1978.

Insolation

Une forme fréquente de lésion thermique est l'insolation. Elle se manifeste par la formation d'une plage décolorée ou bronzée, parfois noirâtre, sur la face exposée du fruit rouge (fig. 26). Les cultivars jaunes ou verts, comme la Newtown, la Golden Delicious et la Granny Smith, peuvent prendre des reflets bronzés ou rougeâtres. Dans la plupart des cas, la partie atteinte devient nettement plus foncée durant l'entreposage et après la sortie de l'entrepôt. Les dommages à peine perceptibles à la cueillette peuvent devenir très évidents après plusieurs mois d'entreposage au froid.

Les dommages peuvent se confiner à la peau ou s'étendre plus ou moins profondément au cortex. Le tissu blessé est brunâtre, généralement très ferme et amer, conséquence d'une forte concentration de composés phénoliques. Comme il arrive que l'échaudure superficielle se développe sur les pommes frappées d'insolation, les cultivars sensibles devraient quand même être traités à la diphénylamine ou à l'éthoxyquine. Dans les cas extrêmes, la chair devient brune et prend parfois un aspect aqueux; la zone touchée est alors renfoncée et brune. Cette anomalie surviendra durant une vague de chaleur inhabituelle après du temps frais ou tempéré, surtout si les pluies sont faibles ou l'irrigation insuffisante.

La température de la face exposée des pommes dépasse parfois de 18 °C la température ambiante et de 8 ou 9 °C celle du côté ombragé des fruits. Même si les pommes acquièrent une tolérance aux températures élevées, elles peuvent être endommagées par une soudaine vague de chaleur; par une exposition au soleil de fruits situés sur des branches à l'ombre, qui ploient soudainement sous la charge; par une insolation après la cueillette. Un contrôle judicieux de la croissance de l'arbre devrait aider à réduire l'incidence de cet accident.

Pour de plus amples renseignements, voir : Bergh et al., 1980; Brooks et Fisher, 1926; Carne, 1948; Meheriuk et Porritt, 1968.

Tache de la Jonathan

La tache de la Jonathan est une affection de la peau des pommes. Elle se manifeste par des taches circulaires, de 2 à 4 mm de diamètre, brunâtres ou presque noires lorsqu'elles apparaissent sur une peau rouge, et généralement plus fréquentes sur la partie très colorée de la pomme (fig. 27 et 28). Sur une peau verte ou jaune, les taches sont











Fig. 29 Lésions causées par un manque d'oxygène (McIntosh)
Fig. 30 Brunissement liégeux de la chair (McIntosh)
Fig. 31 Liège en fin d'entreposage (Cox's Orange Pippin)
Fig. 32 Roussissement (Golden Delicious)
Fig. 33 Roussissement (Golden Delicious)

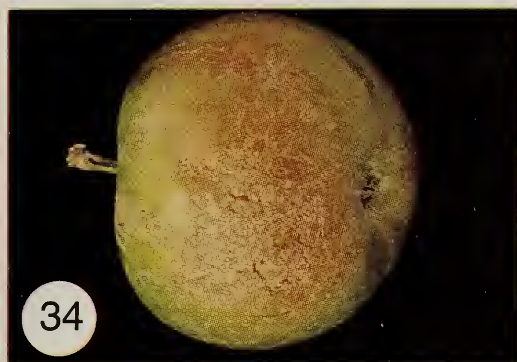








Fig. 34 **Roussissement découlant d'une infection grave par le blanc (Golden Delicious)**
Fig. 35 **Échaudure (Stayman)**
Fig. 36 **Échaudure (Granny Smith)**
Fig. 37 **Échaudure de sénescence (Golden Delicious)**

plus pâles. L'anomalie se déclare occasionnellement avant la cueillette, sur des fruits bien mûrs, mais, habituellement, elle apparaît après plusieurs mois d'entreposage. Durant cette période, les taches grossissent et parfois se fusionnent en une plage aux contours irréguliers. Souvent, mais pas toujours, les taches prennent naissance aux lenticelles; cette manifestation est considérée par de nombreux physiologistes comme une autre forme de la tache de la Jonathan.

Parfois, les lésions se creusent partiellement, surtout s'il y a des infections fongiques. Elles attaquent rarement le tissu hypodermique.

Bien qu'appelée tache de la Jonathan parce qu'elle survient fréquemment sur ce cultivar, cette affection a aussi été observée sur la Golden Delicious, l'Idared, la Rome Beauty, la Wealthy et la Winesap.

Mentionnons que l'échaudure lenticellaire, affection qui ressemble à la tache de la Jonathan, est toujours associée aux lenticelles et qu'elle est souvent imputable à des produits chimiques qui entrent en contact avec le fruit comme l'ammoniac, l'anhydride sulfureux, l'urée-formol (présent dans les caissettes à fruits), des substances volatiles libérées par le fruit mûr, l'éthylène ou des sels utilisés dans les réservoirs à bascule.

On ignore la cause exacte de la tache de la Jonathan, mais les facteurs qui peuvent la favoriser sont les suivants : une maturité avancée, une forte coloration du fruit, le retard à refroidir la récolte et des températures d'entreposage élevées. La lumière ultraviolette peut aussi la provoquer. Cette affection ne semble pas être étroitement liée à la composition chimique du fruit, mais une augmentation de sa teneur en calcium par des pulvérisations de précueillette ou des trempages dans des solutions de calcium en postcueillette sont des moyens d'en réduire l'incidence. La meilleure mesure de prévention, outre la cueillette du fruit au bon degré de maturité, ainsi qu'une manutention et un entreposage appropriés, est de conserver les pommes dans un entrepôt sous atmosphère contrôlée. Une concentration de dioxyde de carbone aussi faible que 0,7 % dans l'atmosphère d'entreposage empêche l'apparition de la tache de la Jonathan.

Pour de plus amples renseignements, voir : Balazs et Toth, 1974; Bangerth, 1973; Fukuda, 1982; McColloch et al., 1965; Padfield, 1969; Pierson et al., 1971; Richmond et al., 1964; Simons, 1968*b*; Tomana, 1963.

Altération causée par un manque d'oxygène

Cette anomalie risque de devenir plus fréquente à mesure qu'on adopte, dans l'industrie, des atmosphères d'entreposage dont la teneur en O_2 est inférieure à 2 %. Les seuils critiques d'oxygène diffèrent selon les cultivars de pommes : si la Delicious tolère des concentrations inférieures à 1 %, la McIntosh cultivée dans certaines régions est endommagée par une teneur en O_2 inférieure à 2 %. Comme une réduction de la concentration d'oxygène rend les fruits à pépins plus vulnérables au CO_2, la marge d'enrichissement en CO_2 s'en trouve parfois rétrécie. Étant donné que les poires, par exemple, tolèrent peu

de CO_2 s'il y a 1 % d'O_2, il faut garder la concentration de gaz carbonique près de 0 %. Il n'est pas certain que l'éthanol ou un produit de son métabolisme soit le facteur responsable des lésions causées par un manque d'oxygène.

Des études réalisées en Angleterre ont montré que des pommes exposées brièvement à un apport réduit en oxygène peuvent se remettre si l'on aère l'entrepôt, mais à condition que la concentration d'alcool dans le tissu du fruit n'excède pas 120 mg par 100 g de poids frais. Au-delà de cette limite, le fruit devient impropre à la vente, sa saveur étant inacceptable. Il n'y a généralement aucune lésion visible. Pour la Cox's Orange Pippin, l'anaérobiose (<1 % de O_2) pendant 4 jours ou plus entraîne une altération irréversible. Pour la Red Delicious, par contre, il faut de 8 à 10 semaines d'entreposage dans 0 % de O_2 avant que des dommages apparaissent. La McIntosh est extrêmement sensible à cette affection tandis que la Northern Spy, l'Empire et la Spartan sont rarement atteintes.

Les lésions causées par une faible concentration d'oxygène varient selon le cultivar, la concentration d'oxygène, la durée d'exposition et la température. Des cloques brun foncé se forment dans la peau et envahissent parfois le tissu sous-épidermique. Avec leurs contours définis, elles font penser à l'échaudure molle. Mais contrairement à celle-ci, où les lésions ont tendance à se confiner à la face verte ou non rougie (fig. 29) de la pomme, les cloques causées par un manque d'oxygène apparaissent aussi bien sur les faces rougies que non rougies du fruit. À mesure que la blessure s'aggrave, il arrive qu'une partie plus ou moins grande du cortex et du tissu du coeur devienne brune, humide et aqueuse.

Voici d'autres symptômes : une coloration violacée et l'apparition de tissu brun, liégeux, sous la peau (fig. 30) ou dans tout le cortex. L'envahissement liégeux est d'autant plus grave que la maturité du fruit est avancée et que les températures d'entreposage sont basses. Du tissu brun et liégeux peut aussi se former chez la Cox's Orange Pippin entreposée tardivement (fig. 31). Les lésions apparaissent dans le cortex interne et externe, surtout dans la moitié pédonculaire du fruit. L'incidence de l'accident est accentuée par des atmosphères pauvres en oxygène (de 1 à 1,25 %). Mentionnons que l'affection commune du froid et le coeur brun peuvent être accélérés par des atmosphères pauvres en oxygène. En revanche, les dommages causés par un manque d'oxygène sont atténués par une atmosphère d'entreposage très humide.

Les McIntosh entreposées dans peu d'oxygène développent parfois des sortes de cloques, et les parties rouges du fruit peuvent prendre une teinte violacée.

Pour de plus amples renseignements, voir : Chen et al., 1985; Fidler et North, 1971; Lau et al., 1986; Lidster, 1990; Nichols et Patterson, 1987; Patterson et Nichols, 1988; Sharples, 1982; Thomas, 1929.

Roussissement

Le roussissement ou roussissure est un phénomène qui se caractérise par l'apparition de tissu phellogène (générateur du liège) sur la peau d'une pomme. Ce défaut peut être bénin (fig. 32) ou s'étendre en un réseau à toute la surface du fruit (fig. 33). Voici les facteurs qui peuvent favoriser cette anomalie : la minceur de la cuticule, une division cellulaire irrégulière et le fendillement du fruit. Ce trouble apparaît entre le onzième et le trentième jours après la chute des pétales.

Des températures nocturnes élevées et une forte humidité sont propices à l'apparition du roussissement. Il en va de même des dommages mécaniques occasionnés par le gel, la grêle ou le vent. Par contre, la teneur du fruit en minéraux ne semble pas jouer. Le roussissement est plus fréquent sur les fruits latéraux que terminaux, sur ceux qui sont exposés au soleil sur l'arbre et sur ceux qui sont récoltés dans des régions basses. Les fruits roussis ont des concentrations plus fortes en sucrose, glucose, sucres totaux et acides que les fruits normaux, mais moindres en composés phénoliques. Étant donné que des lessivages de fleurs de pommiers causent cette affection, on est porté à croire que la pluie extrait ces substances des fleurs et les dépose par lessivage à la surface des fruits.

Ce phénomène peut aussi être de nature génétique, et des cultivars, comme la Golden Russet, sont fortement roussis lorsque le moment de la récolte arrive. Des pulvérisations fongicides et chimiques (p. ex. $ZnSO_4$), de même que des agents tensioactifs utilisés dans les produits d'aspersion, peuvent être phytotoxiques et causer le roussissement. Les cas graves de blanc peuvent aussi occasionner cette affection sur les pommes (fig. 34). En effet, le champignon du blanc provoque des symptômes foliaires évidents qui le font soupçonner d'être la principale cause du roussissement.

Les mesures préventives comprennent : l'application de diméthoate, de soufre dispersable dans l'eau, de préparations de silicone et de fongicides comme pulvérisations foliaires. Le traitement par excellence est l'application d'acide gibbérellique (GA_{4+7}) à intervalle de 5 à 10 jours au plus fort de la floraison. Cette hormone, en favorisant l'élongation des cellules épidermiques, les rend plus aptes à supporter les poussées de croissance qui s'exercent à l'intérieur du jeune fruit. La gibbérelline n'est toutefois pas homologuée pour la lutte contre le roussissement en Amérique du Nord. L'affection est souvent signalée chez la Cox's Orange Pippin, la Discovery, la Dunn's Seedling, la Golden Delicious, la Newtown, la Rome Beauty, la Stark et la Stayman's Winesap. Par contre, certaines lignées de Golden Delicious en sont exemptes.

Pour de plus amples renseignements, voir : Ashizawa et al., 1984; Cappelini, 1970; Eccher, 1986; Faust et Shear, 1972; Kanbe et al., 1973; Noga et Wolter, 1990; Simons et Chu, 1978; Taylor et Knight, 1986; Vries, 1968; Walther, 1966; Watanabe, 1969.







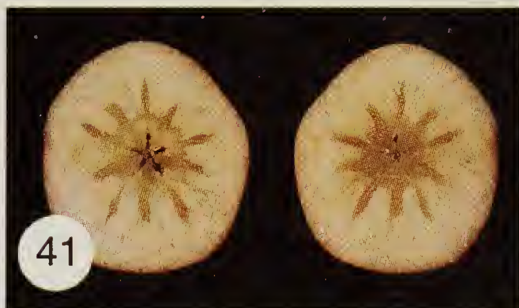


Fig. 38 Échaudure molle (Delicious)
Fig. 39 Échaudure molle (Golden Delicious)
Fig. 40 Maladie vitreuse touchant les faisceaux vasculaires (Delicious)
Fig. 41 Maladie vitreuse touchant les faisceaux vasculaires et le coeur (Delicious)

Échaudure

L'échaudure d'entreposage, aussi appelée échaudure commune et échaudure superficielle, se confine souvent à la peau du fruit. Des produits d'oxydation, entre autres un terpène d'origine naturelle, l'α-farnésène, sont maintenant soupçonnés d'en être la cause. On sait que des radicaux libres réagissent en contact avec l'α-farnésène pour produire des triènes conjugués, mais on ignore par quel mécanisme ils provoquent l'échaudure dans les cellules épidermiques.

Après plusieurs mois d'entreposage au froid, l'affection peut se manifester par un brunissement diffus de la peau, parfois rugueux dans les cas avancés, qui prend de l'expansion après quelques jours à la température ambiante (fig. 35 et 36). Sur les cultivars rouges, l'altération se confine souvent aux parties non rougies de la peau. On appelle échaudure lenticellaire les taches brunes, semblables à celles de l'échaudure, qui n'apparaissent qu'autour des lenticelles ou qui accompagnent la forme habituelle de l'affection. Cette affection répond à des traitements commerciaux. Des études histologiques montrent une relation entre l'échaudure et la présence de matière dense dans les vacuoles hypodermiques. Chez les pommes prédisposées à l'échaudure, les cellules se colorent plus intensément au bleu de méthylène avant l'apparition des symptômes que celles des pommes qui y sont résistantes. La sensibilité à l'échaudure peut dépendre dans une certaine mesure de la concentration d'antioxydants qui se trouvent naturellement dans la peau. Des degrés-heures inférieurs à 10 °C avant la récolte permettent de prévoir que les pommes pourraient souffrir d'échaudure. Les pommes sujettes à cette affection souffrent d'un accroissement de l'activité de la lipoxygénase et de la polyphénoloxydase ainsi qu'une diminution de l'activité de la peroxydase. Les flavonoïdes contenus dans la peau semblent aussi jouer un rôle.

La gravité de l'affection dépend du cultivar, de la saison, des pratiques culturales et des conditions de postcueillette. Un cultivar peut contracter l'échaudure à un endroit, mais pas à l'autre. Certains facteurs aggravent cette affection : l'immaturité, une forte teneur du fruit en azote, une faible teneur en calcium, du temps chaud avant la récolte, un entreposage au froid retardé, des températures d'entreposage élevées, une forte humidité relative dans l'entrepôt, une ventilation insuffisante, un entreposage trop long et, dans les entrepôts sous atmosphère contrôlée, une réduction lente de la concentration d'oxygène ainsi qu'une forte concentration d'oxygène. On pense maintenant que si on accroît la ventilation, l'échaudure diminue et que l'aération des entrepôts réduit la concentration d'α-farnésène dans la peau des fruits. Il y a d'autres traitements efficaces comme un réchauffement provisoire durant l'entreposage, une atmosphère pauvre en oxygène, des bains d'eau chaude, des pulvérisations d'éthrel, des pulvérisations de calcium et l'enrobage des fruits avec des substances comme la lécithine. Les papiers d'emballage contenant 15 % d'huile minérale ont été remplacés par des produits chimiques inhibant l'échaudure. Un des deux antioxydants, la diphénylamine ou

l'éthoxyquine, est appliqué après la cueillette : les deux sont communément utilisées partout dans le monde. L'hydroxyanisole butylé et l'hydroxytoluène butylé sont également efficaces, mais à de plus fortes concentrations.

Pour obtenir de bons résultats, il faut amorcer les mesures de lutte 1 à 6 semaines après la cueillette. Une exception à cette règle concerne l'échaudure de sénescence, qui apparaît sur certaines Golden Delicious bien matures après une longue période d'entreposage (fig. 37). L'éthoxyquine prévient l'échaudure de sénescence si elle est appliquée au cours des 17 semaines qui suivent la cueillette.

Voici la liste des cultivars sujets à l'échaudure : la Baldwin, la Ben Davis, la Cleopatra, la Cortland, la Delicious, la Granny Smith, la Rhode Island Greening, la Rome Beauty, la Stayman, la Wagener, la Winesap et la York Imperial. Par ailleurs, la Golden Delicious, la Jonathan, la McIntosh, la Newtown, la Northern Spy et la Spartan sont des cultivars moins sensibles.

Pour de plus amples renseignements, voir : Anet, 1974*a*, 1974*b*; Bain et Mercer, 1963; Bramlage et Meir, 1989; Chen et al., 1985; Feys et al., 1980; Gough et Shutak, 1972; Hanekom et al., 1976; Hardenburg et Anderson, 1981; Huelin et Coggolia, 1968, 1970*a*, 1970*b*; Ingle et D'Souza, 1989; Klein et Lurie, 1992; Lau, 1990; Little et al., 1985; Lurie et al., 1989; Watkins et al., 1988.

Échaudure molle

L'échaudure molle est une affection du froid qui s'attaque à la pomme. Chez les cultivars sensibles, elle est un entreposage à des températures de 2,2 °C ou moins. Dans les entrepôts frigorifiques, elle frappe de préférence les fruits exposés à l'air froid qui sortent des évaporateurs. L'échaudure molle ne s'apparente pas à l'échaudure commune : ses causes et ses traitements sont très différents. À ses divers stades, elle n'attaque que la peau, bien qu'elle puisse finir par endommager indirectement le tissu hypodermique. Les lésions épidermiques sont souvent envahis par des infections secondaires du *Cladosporium* ou de l'*Alternaria*, qui occasionnent des taches noires diffuses.

L'échaudure molle peut se propager rapidement en entrepôt de la mi-novembre à la fin-décembre, mais, contrairement à l'échaudure commune et à différents troubles de sénescence, son développement arrête quand le fruit est retiré de l'entrepôt frigorifique. L'échaudure molle se reconnaît facilement aux zones brunes et lisses de forme irrégulière et aux contours nettement définis qui se forment sur la peau (fig. 38 et 39). Il peut s'agir d'une ou plusieurs petites lésions ou d'une affection qui s'étend à la majeure partie de la pomme, indépendamment de la couleur de la peau, mais rarement aux extrémités oculaire ou pédonculaire.

Le fruit atteint d'échaudure molle est pauvre en acide linoléique; un bain dans des acides gras, des huiles comestibles ou des antioxydants réduit considérablement cette affection ou en empêche l'apparition. L'échaudure molle peut être induite chimiquement par des

injections d'hexanol ou d'acétate d'hexyle dans la cavité du coeur. Cette affection a tendance à se produire chez des cultivars sensibles, à respiration élevée, qui sont refroidis rapidement. Si l'on tarde à refroidir les fruits, on peut provoquer une crise respiratoire anticipée et les rendre ainsi plus susceptibles à l'échaudure molle lorsqu'ils sont refroidis rapidement par la suite. Pour prévenir l'affection, il suffit de soumettre les pommes à une atmosphère de 20 à 30 % de CO_2 pendant deux jours durant la période de refroidissement. Une autre façon d'en réduire grandement l'incidence est de mettre les fruits à la chaleur (de 38 à 42 °C) pendant 8 à 12 h avant de les placer dans l'entrepôt frigorifique. Bien que la sensibilité à l'échaudure molle varie avec la saison, on peut lutter contre cette affection en récoltant les fruits au bon degré de maturité et en les remisant sans tarder dans un entropôt frigorifique. Si ces conditions sont impossibles à remplir ou inapplicables à certains cultivars, il faut entreposer les fruits à des températures non inférieures à 2,5 °C pendant les 6 à 8 premières semaines.

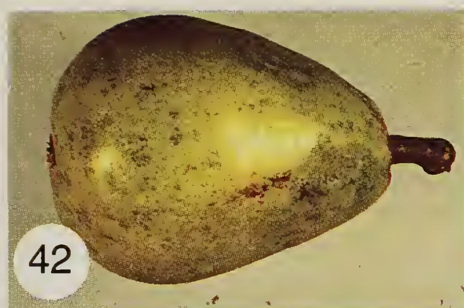
Pour de plus amples renseignements, voir : Eaves et Hill, 1940; Fisher, 1942; Hopkirk et Wills, 1981; McColloch et al., 1965; Padfield, 1969; Pierson et al., 1971; Wills et Hopkirk, 1981; Wills et al., 1980.

Maladie vitreuse (coeur aqueux)

Le coeur aqueux est une affection des pommes qui se déclare avant la récolte et qui se caractérise par la présence de tissu séreux autour des faisceaux vasculaires (fig. 40). Dans les cas avancés, la cavité du coeur et la majeure partie de la pulpe qui entoure les faisceaux vasculaires contiennent du liquide (fig. 41). L'aspect aqueux ou vitreux résulte de l'accumulation de liquide dans les espaces intercellulaires.

Bien que le terme « coeur aqueux » soit communément accepté pour décrire cette affection, il demeure imprécis. Il est préférable de parler d'affection vitreuse, car la partie atteinte ne se limite pas toujours à la région du coeur. Dans les cas graves, la majeure partie du tissu est endommagée au point que des gouttelettes de sève sont sécrétées par les lenticelles. Le liquide dans lequel baigne le tissu malade a un contenu en matière solide soluble comparable à celui qui est extrait du tissu normal. Les principaux glucides que l'on trouve dans le jus de pomme sont le sucrose, le glucose et le fructose, alors que, dans le tissu affecté, les espaces intercellulaires sont remplis de sorbitol, glucide trouvé en importante quantité dans la sève du pommier. Le sorbitol n'est pas assimilé directement par le tissu de la pomme, mais doit d'abord être converti en fructose. Or, le tissu atteint de la maladie vitreuse est incapable de faire cette transformation. Il s'ensuit, dans les cas graves, une accumulation d'éthanol et d'acétaldéhyde. En fortes quantités, les deux sont toxiques pour la pomme et provoquent un brunissement et une décomposition de sa chair durant l'entreposage.

Les fruits qui sont peu touchés guérissent souvent complètement après plusieurs mois d'entreposage au froid. Le brunissement et la décomposition de la chair, cependant, risquent de se manifester davantage chez les fruits gravement atteints. La conservation des



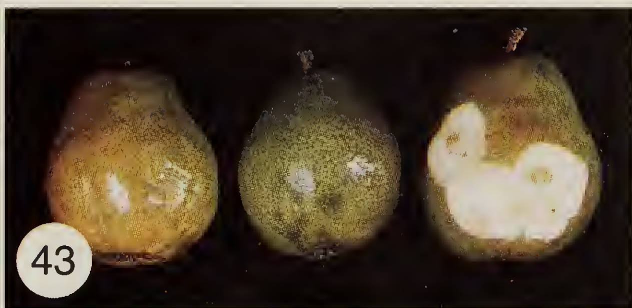






Fig. 42 "Alfalfa greening" (Anjou)
Fig. 43 Tache amère (Anjou)
Fig. 44 Pourriture apicale (Bartlett)
Fig. 45 Lésions causées par le gaz carbonique (Clapp's Favorite)

fruits à la chaleur après la récolte favorise la disparition de la maladie vitreuse, mais la vitesse du mûrissement s'en trouve accrue de même que les risques de pourriture.

L'examen microscopique révèle des différences marquées au niveau du tissu vasculaire entre les cultivars sensibles à cette maladie et ceux qui y sont résistants. L'affection vitreuse peut être décelée par la transmission de la lumière, mais il est plus facile de situer l'anomalie par une technique de résonnance magnétique nucléaire. La manifestation de l'affection vitreuse est favorisée par les facteurs suivants : gros fruit, ratio feuilles/fruits élevé, éclaircissage excessif, taille trop sévère, forte exposition à la lumière et compression des branches ou du tronc. La maturité, cependant, est le facteur crucial : la modification de la perméabilité des membranes ou des altérations au cours du transport seraient les causes probables de cette affection. Celle-ci se déclare quand le fruit commence à mûrir. Des pulvérisations d'éthrel, conjuguées à une maturité avancée, peuvent provoquer des dommages étendus si les fruits ne sont pas récoltés au bon moment. Ce phénomène peut se produire même chez les cultivars qui y sont peu vulnérables, comme la McIntosh. Par contre, un mûrissement retardé peut réduire l'incidence de l'affection. Des nuits froides en automne peuvent stimuler la maturation des pommes et favoriser ainsi l'apparition de la maladie vitreuse. Des températures basses durant la période de croissance augmentent considérablement la concentration en sorbitol dans la sève brute du pommier.

Un autre type de maladie vitreuse, qui n'a rien à voir avec la maturité, peut apparaître au milieu de la saison durant ou après une vague de chaleur exceptionnelle. Le cas échéant, la chair sera parsemée de petites zones de tissu affecté ou présentera des plages de tissu séreux, souvent visibles à travers la peau, sur la face exposée de la pomme. Chez la Newtown, par exemple, cette anomalie accompagne parfois l'insolation.

L'apparition de la maladie vitreuse ne semble pas être liée à la disponibilité de l'eau. Des expériences ont montré cependant que son incidence est réduite par l'augmentation de la teneur en calcium du fruit et accrue par de fortes applications d'azote et de bore. La meilleure façon de réduire au maximum la maladie vitreuse chez la pomme est d'éviter une récolte tardive. Les cultivars sensibles sont : Bramley's Seedling, Cox's Orange Pippin, Delicious, James Grieve, Jonathan, Miler Seedling, Stayman, Wagener et Winesap. Ceux qui sont moins vulnérables sont : Cortland, Golden Delicious, Granny Smith, McIntosh et Newtown.

Pour de plus amples renseignements, voir : Faust et al., 1969; Knee et al., 1983; Kollas, 1968; Marlow et Loescher, 1985; Nardin et Scienza, 1983; Simons, 1968; Smagula et al., 1968; Wang et al., 1988.

Affections physiologiques des poires

"Alfalfa greening"

Cette affection, appelée aussi "green stain", se confine aux poires Anjou cultivées sur la côte nord-ouest du Pacifique et se caractérise par des tachetures, marbrures ou stries longitudinales vert foncé sur la peau (fig. 42), notamment autour de la cuvette pédonculaire. Même si la qualité gustative du fruit de table n'est pas altérée, le spécimen est rejeté au tri pratiqué dans le commerce. Les symptômes sur la peau se déclarent de 3 à 6 semaines avant la récolte. Le fruit malade présente une plus forte concentration de N, de P et de K ainsi qu'une plus faible concentration de Ca que le fruit sain. Un ratio N/Ca élevé et une irrigation fréquente sont propices à cette affection. Des pulvérisations de calcium sont bénéfiques, mais, en fortes concentrations, elles peuvent endommager sérieusement la peau. Un séchage lent après l'aspersion ou de fortes températures durant l'opération rendent les fruits et le feuillage plus vulnérables aux dommages que le traitement peut causer. La formation de liège à la surface du fruit accompagne souvent cette affection, car les deux sont associés à une faible teneur du fruit en calcium.

Pour de plus amples renseignements, voir : Raese et Stahly, 1982; Raese et Staiff, 1983; Raese, 1989; Raese et al., 1979, 1982.

Tache amère (tache de l'Anjou)

La tache amère, appelée aussi « tache de l'Anjou » et "cork spot" chez la poire, est une anomalie du tissu cortical. Elle se déclare vers la fin de la saison de croissance et ressemble beaucoup à la tache amère de la pomme. Des plages de tissu liégeux brun, généralement près de la cuvette oculaire, se forment en profondeur ou directement sous la peau pour apparaître de l'extérieur comme des dépressions vert foncé (fig. 43). Le fruit malade jaunit partiellement et s'amollit prématurément même en entrepôt. L'Anjou et la Packham's Triumph y sont très sensibles. Les pratiques culturales qui réduisent la tache amère chez la pomme donnent également de bons résultats chez la poire.

Le tissu sujet à la tache liégeuse est pauvre en calcium ou présente un ratio K/Ca élevé, respire plus activement et produit plus d'éthylène que le tissu sain, et la peau contient plus d'acide chlorogénique que pour un fruit normal. De fortes doses d'azote augmentent l'incidence de cette affection. Les pulvérisations de calcium sont utiles à sa prévention; plus elles sont tardives et nombreuses, plus elles sont efficaces. L'efficacité du traitement dépend par ailleurs de la concentration, mais le risque de phytotoxicité augmente aussi en même temps que celle-ci.

Pour de plus amples renseignements, voir : Raese, 1989; Raese et Stahly, 1982; Raese et Staiff, 1989; Richardson et Al-Ani, 1982; Richardson et Lombard, 1979; Snowdon, 1990; Wang et Mellenthin, 1973.



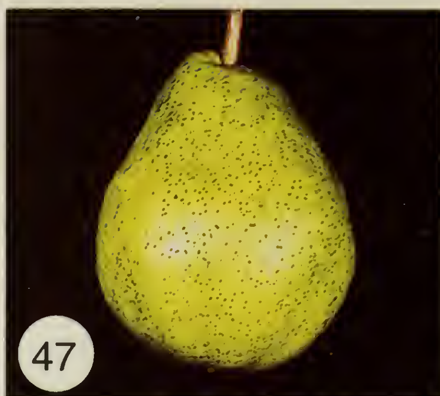






Fig. 46 Lésions causées par le gaz carbonique (Anjou)
Fig. 47 Lésions causées par l'ammoniac (Anjou)
Fig. 48 Lésions causées par l'éthoxyquine (Anjou)
Fig. 49 Lésions causées par le carbonate de sodium (Bartlett)









Fig. 50 Gelure (Bartlett)
Fig. 51 Gelure grave (Bartlett)
Fig. 52 Brunissement de sénescence (Bartlett)
Fig. 53 Abrasion (Bartlett)

Pourriture apicale

Cette affection, qui ne frappe que les poires, se caractérise souvent par une coloration noire de l'extrémité oculaire (fig. 44). Celle-ci peut devenir pointue ou aplatie, tandis que le tissu épidermique, lui, est dense et luisant. Des études portent à croire que l'affection commence de 45 à 60 jours après la pleine floraison. Les taches noires peuvent gagner l'extrémité pédonculaire dans les cas graves, et la région du coeur se fendille parfois près de la cuvette oculaire. Le durcissement de l'extrémité oculaire est une autre manifestation de cette affection, mais il ne s'accompagne pas d'une coloration anormale de la cuvette. Le tissu ainsi atteint devient dur, très pierreux et amollit rarement au mûrissement. Le fruit malade est plus petit que la normale et grossit plus lentement; le tissu de la cuvette oculaire est plus pauvre en Ca et en B, plus riche en matière solide soluble, et la polyphénoloxydase y est plus active. Les fruits cultivés sur le porte-greffe *Pyrus serotina* sont plus susceptibles d'être frappés que sur les autres porte-greffes. Le feuillage des arbres atteints ne trahit aucun symptôme, mais ceux-ci ont tendance à porter chaque année des fruits touchés par l'oculaire noire. Voici la liste des cultivars sensibles : l'Anjou, la Bartlett, la Winter Nelis, la Flemish Beauty, la Comice, l'Easter et la Clairgeau; la sensibilité peut différer selon la région de croissance.

Pour de plus amples renseignements, voir : Raese, 1989; Taylor et al., 1987; Woodbridge, 1971; Yamamoto et Watanabe, 1982.

Altération causée par le gaz carbonique

Les poires sont beaucoup moins tolérantes au CO_2 que les pommes. L'affection se manifeste d'abord par le brunissement des parois internes des carpelles. À mesure que le mal progresse, le tissu du coeur voisin des loges carpellaires vire au brun (fig. 45 et 46). Puis, c'est le tissu cortical qui prend une teinte brun pâle chez les fruits qui ne sont pas mûrs. Enfin, sous l'effet du dessèchement, des cavités se forment : elles peuvent être petites et dispersées ou suffisamment grandes pour qu'une dépression apparaisse à la surface. La peau et les tissus sous-épidermiques sont rarement touchés.

Le coeur brun ou "brown core" chez l'Anjou consiste en un brunissement du tissu du coeur à l'intérieur duquel se creusent des cavités. Chez la Bosc, le coeur brun caverneux ou "pithy brown core" ressemble au coeur brun de l'Anjou, sauf que le cortex et le coeur peuvent eux aussi présenter des cavités. Chez la Bartlett, c'est la chair du coeur près des faisceaux vasculaires qui est touchée, mais à l'extérieur du pourtour du coeur. Des Anjou entreposées sous atmosphère contrôlée ont souffert récemment d'une affection caractérisée par de petites lésions nécrotiques brunes sur la peau. Cette affection est associée à une maturité avancée. Rappelons que les facteurs qui prédisposent les poires aux altérations causées par le CO_2 sont les suivants : la maturité du fruit, un entreposage tardif, la lenteur à refroidir les fruits, des températures de stockage élevées, un long entreposage et une atmosphère pauvre en oxygène.

Les fruits produits sur des arbres peu vigoureux ou durant des saisons froides sont très sensibles au CO_2. Les dommages causés par une concentration donnée de CO_2 sont en corrélation négative avec la teneur de l'atmosphère en oxygène.

Pour de plus amples renseignements, voir : Blanpied, 1975*a*; Chen et al., 1986; Claypool, 1973; Couey et Wright, 1977; Hansen, 1957, 1963; Hansen et Mellenthin, 1962; Kerbel et al., 1988; Lee et al., 1990; Raese, 1989.

Altérations causées par des produits chimiques

Durant la manutention et l'entreposage, les poires peuvent être exposées à des produits chimiques qui leur sont parfois nuisibles soit à cause d'un mauvais emploi, soit à cause de la sensibilité des fruits. Voici actuellement, les traitements chimiques appliqués aux poires en postcueillette : les inhibiteurs de l'échaudure, les fongicides, les sels de calcium pour lutter contre le blettissement et la tache amère, les sels pour augmenter la flottabilité des fruits dans les systèmes de flottaison, les détergents pour nettoyer les fruits et les cires pour en améliorer l'apparence.

Ammoniac

Les explications concernant les dommages causés aux pommes par l'ammoniac s'appliquent également aux poires. Chez les Bartlett et les Anjou exposées à ce gaz, des halos bruns ou fauves apparaissent autour des lenticelles (fig. 47). Les changements de coloration ne sont pas facilement réversibles.

Pour de plus amples renseignements, voir : Dewey, 1952; Pierson et al., 1971; Ramsey et Butler, 1928.

Sels de calcium

Quand on applique du $CaCl_2$ aux Anjou sous forme de pulvérisations pour lutter contre la tache liégeuse du fruit, elles peuvent se couvrir de marques à cause de leur sensibilité au sel. On peut réduire nettement l'incidence de cette anomalie en diminuant la concentration de sel dans la solution et en y ajoutant un agent tensioactif. Le trempage des Bartlett dans une solution de $CaCl_2$ pour en préserver la qualité a provoqué l'apparition sur le fruit de taches nécrotiques noires et une coloration anormale analogue à celle de l'échaudure.

Pour de plus amples renseignements, voir : Meheriuk, 1990; Raese, 1989.

Éthoxyquine

Des Anjou traitées à l'éthoxyquine auraient manifesté une altération sous la forme de lésions rosâtres ou noires (fig. 48). En Oregon, des concentrations de $1\,350 \times 10^{-6}$ ou plus se sont révélées phytotoxiques









Fig. 54 Oculaire rose, premiers symptômes (Bartlett)
Fig. 55 Oculaire rose, symptômes avancés (Bartlett)
Fig. 56 Échaudure superficielle (Anjou)
Fig. 57 Échaudure de sénescence (Bartlett)

pour cette même variété. L'affection serait attribuable à une concentration de la solution aux points de contact après le trempage.

Pour de plus amples renseignements, voir : Chen et al., 1990.

Sels de flottaison

Il faut ajouter des sels à l'eau de flottaison des poires pour qu'elles puissent flotter. Une densité de 1,2 est nécessaire dans ce cas. Le carbonate de sodium et le silicate de sodium produisent une solution alcaline. Or si le fruit demeure dans la solution trop longtemps ou s'il n'est pas rincé après la flottaison, des lésions risquent d'être causées aux lenticelles, et de se manifester sous la forme de taches noires (fig. 49) durant l'entreposage ultérieur. Le sulfate de sodium n'a pas d'effets phytotoxiques, mais est parfois plus difficile à dissoudre.

Pour de plus amples renseignements, voir : Visagie et Redelinghuys, 1975.

Gelure

Pour en savoir plus sur la physiologie de la gelure, consulter la section équivalente sous « Pommes ». Une longue exposition à des températures de congélation qui ne sont pas extrêmes provoque la formation, sous une couche de tissu sain située immédiatement sous la peau, d'une autre couche de tissu séreux (fig. 50). Dans les fruits touchés, les faisceaux vasculaires prennent une coloration brune, tandis que, dans les cas graves, c'est tout le cortex qui devient brun. Dans les cas extrêmes, des cavités se creusent dans le cortex (fig. 51).

Les points de congélation chez les poires dépendent de la quantité de sucres et d'électrolytes dissous dans le cytoplasme. Parmi les Bartlett, la marge de variation peut atteindre 1 °C. Chez cette variété, une teneur en extraits solubles de moins de 8 % se traduit par un point de congélation de -1,2 °C. La plupart des poires, cependant, ont un point de congélation de -2 °C ou moins.

Pour de plus amples renseignements, voir : Fisher et al., 1953.

Brunissement de sénescence

Dans le brunissement de sénescence (blettissement), le tissu du coeur devient brun, aqueux (fig. 52) et, chez la Bartlett, il est facile à séparer du tissu sain. Les principaux faisceaux vasculaires virent aussi au brun foncé. Le blettissement des Bosc qui ont été entreposées longtemps peut être précédé du brunissement des faisceaux vasculaires durant le mûrissement des fruits à la température ambiante.

Les facteurs qui jouent sur le brunissement de sénescence sont les suivants : la quantité de fruits sur l'arbre, la date de la récolte, la température d'entreposage, un refroidissement et un entreposage tardifs. Voici les traitements que l'on peut faire à la Bartlett : des bains dans des solutions de calcium, une forte concentration de CO_2 et la chaleur. L'accumulation d'acétaldéhyde pourrait causer cette affection chez cette même variété.

Le temps qui s'écoule entre le mûrissement et l'apparition du blettissement est important aussi bien pour le transformateur que pour le consommateur. Cet intervalle, qui peut être d'une semaine ou plus chez le fruit qui a mûri peu après la récolte, sera d'autant plus bref que la récolte a été tardive, que les conditions d'entreposage laissent à désirer ou que l'entreposage est long. Si des cultivars comme la Bartlett et la Bosc, qui ne mûrissent pas normalement à de basses températures, sont gardés trop longtemps au froid avant d'être placés à la température ambiante (20 °C) pendant plusieurs jours, le blettissement peut survenir avant que le fruit n'ait entièrement mûri. Le jaunissement des poires durant l'entreposage est souvent une bonne indication de la forte sensibilité au brunissement de sénescence. L'entreposage prolongé entraîne souvent l'apparition de l'échaudure de sénescence et une complète incapacité à mûrir. D'autres cultivars, comme l'Anjou, la Packham's Triumph et la Winter Nelis, qui sont capables de mûrir lentement à une basse température, peuvent contracter le brunissement de sénescence pendant leur entreposage au froid.

L'entreposage sous atmosphère contrôlée, en prolongeant la durée de conservation des poires, réduit l'incidence de l'affection. Des Bartlett cueillies tardivement en Californie ont développé un blettissement aqueux lorsqu'elles ont été entreposées à des températures plus élevées ou lorsqu'elles n'ont pas été refroidies assez vite.

Pour de plus amples renseignements, voir : Blanpied, 1975*b*; Hall et Scott, 1972; Harley, 1929; Meheriuk, 1990; Mitchell et Mayer, 1973; Porritt, 1965; Raese, 1989.

Abrasion

La plupart des cellules végétales présentent un brunissement enzymatique lorsque leur contenu est exposé à l'oxygène à la suite d'une affection. Le brunissement des tissus végétaux blessés, et du fruit, résulte d'une réaction de la polyphénoloxydase avec les phénols d'origine naturelle comme l'acide chlorogénique et le catéchol en présence d'oxygène (fig. 53). Les composés bruns issus de cette réaction sont les orthoquinones, qui se polymérisent pour former des substances plus intensément colorées. Les fruits qui contiennent l'enzyme et les substances phénoliques responsables du brunissement sont les suivants : la pomme, la poire, l'abricot, la pêche et la cerise. En revanche, les agrumes, l'ananas et la tomate sont dépourvus de l'enzyme et ne brunissent pas. Les abrasions de la peau causées par la manutention, l'emballage et le transport peuvent entraîner le brunissement de l'épiderme et du tissu sous-jacent des poires, des pommes, des abricots et des pêches. Les poires, très vulnérables, sont souvent meurtries par le frottement d'un fruit contre l'autre ou contre les parois des cellules de stockage en vrac. Ces meurtrissures peuvent survenir au verger, durant l'emballage ou au cours du transport. L'ampleur des marques chez les poires dépend de la teneur de la peau en acide chlorogénique.

La concentration des substances phénoliques dans la peau des poires Anjou diminue à mesure que le fruit mûrit, mais augmente de nouveau durant l'entreposage. Cette constatation confirme l'observation selon laquelle les petites poires cueillies tôt s'éraflent plus facilement que les fruits matures et qu'un conditionnement tardif a plus de chances de produire des éraflures qu'un conditionnement précoce.

Des antioxydants, comme l'acide ascorbique et l'anhydride sulfureux, de même que l'inhibiteur de l'enzyme, le mercaptobenzothiazole, réduisent ou empêchent le brunissement de l'épiderme des poires. L'exposition à de fortes concentrations de CO_2 et l'application d'un enduit en diminuent aussi l'incidence. Mais comme l'emploi d'aucun produit chimique n'est autorisé actuellement pour lutter contre l'abrasion chez les poires, la meilleure mesure de prévention est de modifier les méthodes de manutention et de conditionnement. Par exemple : déplacer avec plus de soins les contenants de fruits dans les vergers; choisir des cellules dont la base est rigide pour le stockage en vrac; au besoin, revêtir les murs des cellules d'un matériau moelleux; réduire la vitesse des brosses qui servent au nettoyage des fruits ou ne pas en utiliser du tout sur la chaîne de conditionnement; veiller à ce que les contenants de fruits soient suffisamment remplis pour éviter que les fruits ne se déplacent durant le transport.

Les poires qui ont été cueillies au bon degré de maturité et qui sont conditionnées dans les 3 ou 4 semaines suivant la récolte sont moins sujettes à cette anomalie. Si on les conditionne dès leur sortie de l'entrepôt frigorifique, il ne faut pas les réchauffer avant de les conditionner. Sinon, on risque d'augmenter l'abrasion et de réduire leur durée de conservation. S'abstenir d'assécher inutilement les poires, car l'eau les lubrifie sur la chaîne de conditionnement. Étant donné que la polyphénoloxydase est moins active dans un milieu acide, mieux vaut éviter les sels alcalins dans les systèmes de flottaison des poires.

Pour de plus amples renseignements, voir : Couey et Wright, 1977; Kvale, 1979, 1988; Mellenthin et al., 1982; Mellenthin et Wang, 1974; Raese, 1989; Smith, 1946; Sommer et al., 1960.

Altération causée par un manque d'oxygène

Des dommages causés par une atmosphère pauvre en oxygène n'ont été signalés qu'une fois. Des Bosc récoltées tardivement en Oregon ont été affectées par le coeur brun durant un entreposage à 1 % d'O_2. Comme les fruits cueillis au bon stade de maturation n'ont jamais eu de tels symptômes dans les mêmes conditions d'entreposage, on pense que les fruits récoltés tardivement auraient souffert d'une forme d'altération causée par un manque d'oxygène.

Pour de plus amples renseignements, voir : Chen et al., 1983.

Oculaire rose

Quand du temps froid survient à la fin de la saison de croissance, les Bartlett commencent parfois à mûrir sur l'arbre avant le moment habituel de la récolte. L'affection, communément appelée oculaire rose, est également connue sous le nom de mûrissement prématuré. Un jaunissement précoce de la cuvette oculaire, un amollissement accéléré et une coloration rose du calice charnu (oculaire rose) sont des signes de mûrissement prématuré (fig. 54 et 55). Des pertes considérables peuvent se produire à moins que les fruits ne soient cueillis aux premiers signes de maturation, refroidis rapidement et vendus sans tarder. Tout dépendant de la gravité de l'affection, les fruits cueillis peuvent continuer de mûrir et devenir complètement blets s'ils sont placés à la chaleur après l'entreposage au froid.

Le blettissement associé au mûrissement prématuré diffère un peu du brunissement de sénescence. Il apparaît dans la cuvette oculaire, où la coloration brun tendre du tissu touché transparaît visiblement sous la peau du fruit, contrairement au brunissement de sénescence, qui n'est pas visible extérieurement.

L'oculaire rose peut apparaître quand des températures nocturnes d'environ 7 °C ou moins surviennent durant les 4 dernières semaines de croissance du fruit. Si les températures diurnes sont de 20 °C ou moins, il suffit d'environ 25 h de températures nocturnes 7 °C ou moins pour stimuler la production d'éthylène et le début de la maturation. En revanche, si les températures diurnes dépassent 20 °C, il faut une plus longue exposition au froid pour amorcer la maturation (le mûrissement prématuré peut même être évité complètement). L'application d'acide gibbérellique environ 4 semaines avant la récolte contrecarre l'effet du froid.

Pour de plus amples renseignements, voir : Mellenthin et Wang, 1977; Raese, 1989; Wang et Mellenthin, 1972; Wang et al., 1971.

Roussissement

Cette affection s'attaque aux pommes; chez les poires, c'est un caractère génétique. La Bosc et la Russet Bartlett, par exemple, sont complètement roussies lorsque le moment de la récolte arrive.

Échaudure

Les poires peuvent être classées sommairement en deux groupes selon leurs caractères de maturation. Celles du premier groupe, dont l'Anjou, la Winter Nelis, la Packham's Triumph et la Hardy, ne perdent pas leur capacité de mûrir normalement lorsqu'elles sont stockées longtemps. L'Anjou est sujette à l'échaudure d'entrepôt (fig. 56) et, comme les pommes, elle répond à des mesures de lutte comme l'emballage dans des papiers huilés ou le traitement à l'éthoxyquine ou à la diphénylamine. Une exposition à de faibles concentrations d'oxygène et à de fortes concentrations de CO_2 avant l'entreposage sont

également des mesures de lutte efficaces contre l'échaudure chez cette même variété.

Celles de l'autre groupe, qui comprend la Bartlett, la Bosc, la Howell, la Comice, la Sierra et la Flemish Beauty, perdent leur aptitude à mûrir si elles sont stockées longtemps. Le fruit jaunit et sa peau finit par prendre une coloration anormale brun foncé, appelée échaudure de sénescence (fig. 57). Cet accident peut survenir dans l'entrepôt frigorifique ou quand le fruit est retiré de ce dernier pour mûrir à la chaleur. Le fruit est immangeable et reste dur, alors que la peau se détache facilement. Un raccourcissement de la période d'entreposage est la seule mesure de lutte dont on dispose actuellement.

Pour de plus amples renseignements, voir : Couey et Wright, 1977; Eksteen et al., 1986; Hansen et Mellenthin, 1967; Mellenthin et al., 1980; Padfield, 1969; Pierson et al., 1971; Pierson et Schomer, 1967; Raese, 1989.

Bibliographie

Anet, E.F.L.J. 1974*a*. Superficial scald. CSIRO Food Res. Quart. 34:4–8.

Anet, E.F.L.J. 1974*b*. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. XI. Apple anti-oxidants. J. Sci. Food Agric. 25:299–304.

Ashizawa, M.; Horigome, Y.; Chujo, T. 1984. Histological studies on the cause of russet in Golden Delicious apple. Tech. Bull. Agric. Kagawa Univ. 35:88–98.

Askew, H.O.; Chittendon, E.T.; Monk, R.J.; Watson, J. 1959. Chemical investigations on bitter pit of apples. I. Physical and chemical changes in leaves and fruits of Cox's Orange variety during the season. N.Z. J. Agric. Res. 2:1167–1186.

Askew, H.O.; Chittendon, E.T.; Monk, R.J.; Watson, J. 1960*a*. Chemical investigations on bitter pit of apples. II. The effect of supplementary mineral sprays on incidence of pitting and on chemical composition of Cox's Orange fruit and leaves. N.Z. J. Agric. Res. 3:141–168.

Askew, H.O.; Chittendon, E.T.; Monk, R.J.; Watson, J. 1960*b*. Chemical investigations on bitter pit of apples. III. Chemical composition of affected and neighbouring healthy tissues. N.Z. J. Agric. Res. 3:169–178.

Autio, W.R.; Bramlage, W.J.; Weis, S.A. 1986. Predicting poststorage disorders of 'Cox's Orange Pippin' and 'Bramley's Seedling' apples by regression equations. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 111:738–742.

Bain, J.M.; Mercer, F.V. 1963. The submicroscopic cytology of superficial scald, a physiological disease of apples. Aust. J. Biol. Sci. 16:442–449.

Balzacs, E.; Toth, A. 1974. Jonathan spot induced by ultraviolet light. Acta Phytopathol. Acad. Sci. Hung. 9:179–184.

Bangerth, F. 1970. Bitter pit of apples, a still-unsolved problem of fruit physiology. Gartenbauwissenschaft 35:91–120.

Bangerth, F. 1973. Investigations upon Ca related physiological disorders. Phytopathol. Z. 77:20–37.

Bangerth, F. 1974. Problems of plant physiology in relation to bitter pit. The function of calcium. Acta Hortic. 45:43–52.

Bergh, O.; Franken, J.; Van Zyl, E.J.; Kloppers, F.; Dempers, A. 1980. Sunburn on apples – preliminary results of an investigation conducted during the 1978/79 season. Decid. Fruit Grower 30:8–22.

Bir, R.E.; Bramlage, W.J. 1973. Postharvest effects of freezing on apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 98:218–221.

Bir, R.E.; Bramlage, W.J.; Havis, J.R. 1973. Effects of freezing on mature apple fruit tissue. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 98:215–218.

Blanpied, G.D. 1975*a*. Pithy brown core occurrence in 'Bosc' pears. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 100:81–84.

Blanpied, G.D. 1975*b*. Core breakdown of New York 'Bartlett' pears. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 100:198–200.

Blanpied, G.D. 1981. A relationship between water loss and storage breakdown of 'McIntosh' apples. HortScience 16:525–526.

Bramlage, W.J.; Bareford, P.H.; Blanpied, G.D.; Dewey, D.H.; Taylor, S.; Porritt, S.W.; Lougheed, E.C.; Smith, W.H.; McNicholas, F.S. 1977. Carbon dioxide treatments for 'McIntosh' apples before CA storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 102:658–662.

Bramlage, W.J.; Drake, M.; Weiss, S.A. 1985. Comparisons of calcium chloride, calcium phosphate, and a calcium chelate as foliar sprays for 'McIntosh' apple trees. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 110:786–789.

Bramlage, W.J.; Meir, S. 1989. A potential method for predicting susceptibility of apples to superficial scald. Acta Hortic. 258:397–403.

Brennan, E.; Leone, I.; Daines, R.H. 1962. Ammonia injury to apples and peaches in storage. Plant Dis. Rep. 46:792–795.

Brooks, C.; Fisher, D.F. 1926. Some high-temperature effects in apples: contrasts in the two sides of an apple. J. Agric. Res. 32:1–16.

Bünemann, G. 1972. Annotated bibliography on bitter pit of apples. Techn. Univ. Berlin Biblio. Series 2. 170 pp.

Burmeister, D.M.; Dilley, D.R. 1991. Induction of bitter pit-like symptoms on apples by infiltration with Mg^{+2} is attenuated by Ca^{+2}. Postharvest Biol. Technol. 1:11–17.

Cappelini, P. 1970. Russeting in Golden Delicious fruits from healthy and russeted clones. Ann. Ist. Sper. Fruttic. 1:49–61.

Carne, W.M. 1948. The non-parasitic disorders of apple fruits in Australia. CSIR Bull. No. 238. 83 pp.

Carne, W.M.; Martin, D. 1938. The influence of carbon dioxide concentration on brown heart and other storage disorders. CSIRO J. (Aust.) 11:47–60.

Carrick, D.B. 1924. Some aspects of freezing on mature fruits of the apple. N.Y. Agric. Exp. Sta. Mem. 81. 54 pp.

Carrick, D.B. 1928. The effect of freezing on the respiration of the apple. N.Y. Agric. Exp. Sta. Mem. 110. 28 pp.

Carroll, E.T. 1968. Core flush in apples. Proceedings 5th Australian Fruit and Vegetable Storage Research Confrence, August 1968, Hobart, Australia.

Chamel, A.R.; Bossy, J.P. 1981. Electron-microprobe analysis of apple fruit tissues affected with bitter pit. Scientia Hortic. 15:155–163.

Chen, P.M.; Borgic, D.M.; Sugar, D.; Mellenthin, W.M. 1986. Influence of fruit maturity and growing district on brown-core disorder in 'Bosc' pears. HortScience 21:1172–1173.

Chen, P.M.; Mellenthin, W.M.; Kelly, S.B. 1983. Fruit quality of 'Bosc' pears (*Pyrus communis* L.) stored in air or one percent oxygen as influenced by maturity. Scientia Hortic. 21:45–52.

Chen, P.M.; Olsen, K.L.; Meheriuk, M. 1985. Effect of low-oxygen atmosphere on storage scald and quality preservation of 'Delicious' apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 110:16–20.

Chen, P.M.; Varga, D.M.; Mielke, E.A.; Facteau, T.J.; Drake, S.R. 1990. Control of superficial scald on 'd'Anjou' pears by ethoxyquin: effect of ethoxyquin concentration, time and method of application, and a combined effect with controlled atmosphere storage. J. Food Sci. 55:167–170.

Chiu, H.J. 1984. Effects of pre-storage and storage treatments on brown core development in 'McIntosh' apples. Acta Hortic. 157:135–142.

Claypool, L.L. 1973. Further studies on controlled atmosphere storage of 'Bartlett' pears. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 98:289–293.

Clijsters, H. 1965. Malic acid metabolism and initiation of the internal breakdown in Jonathan apples. Physiol. Plant. 18:85–94.

Coccuci, M.; Lamiani Mignani, I.; Coccuci, S.; Poma Treccani, C. 1983. A possible relationship between bitter pit and membrane transport in apples. Acta Hortic. 138:43–50.

Couey, H.M.; Wright, T.R. 1977. Effect of a prestorage CO_2 treatment on the quality of 'd'Anjou' pears after regular or controlled atmosphere storage. HortScience 12:244–245.

Dalton, R.; Nel, P.J.; November, A.; Eksteen, G.J. 1982. Post-harvest procedure for reducing core flush in Granny Smith apples. Decid. Fruit Grower 32:194–201.

Dewey, D.H. 1952. Ammonia damage to stored fruits and nuts, sulfur dioxide as a corrective treatment. Ice Refrig. 123:19–22.

Eaves, C.A.; Hill, H. 1940. Functional disorders of apples. Agric. Can. Tech. Bull. 28. 19 pp.

Eccher, T. 1986. Russet and shape of Golden Delicious as related to endogenous GA content of fruitlets. Acta Hortic. 179:767–770.

Eksteen, G.J. 1980. Recommendations for the application of DPA. Decid. Fruit Grower 30:82–88.

Eksteen, G.J.; Ginsburg, L.; Visagie, T.R. 1977. Post-harvest prediction of bitter pit. Decid. Fruit Grower 27:16–20.

Eksteen, G.J.; van Rhyn, J.A.G.; de Villiers, J.F. 1986. The effects of post-harvest calcium treatments on the uptake of calcium and quality of Bon Chretien pears. Decid. Fruit Grower 36:54–58.

Faust, M.; Shear, C.B. 1968*a*. Corking disorders of apples: a physiological and biochemical review. Bot. Rev. 34:441–469.

Faust, M.; Shear, C.B. 1968*b*. Investigation of corking disorders of apples. III. Biochemical changes during the development of cork spot of 'York Imperial' apples. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 93:746–752.

Faust, M.; Shear, C.B. 1972. Russeting of apples, an interpretive review. HortScience 7:233–235.

Faust, M.; Shear, C.B.; Williams, M.W. 1969. Disorders of carbohydrate metabolism of apples. Bot. Rev. 35:168–194.

Ferguson, I.B.; Watkins, C.B. 1983. Cation distribution and balance in apple fruit in relation to calcium treatments for bitter pit. Scientia Hortic. 19:301–310.

Feys, M.; Naesens, W.; Tobback, P.; Maes, E. 1980. Lipoxygenase activity in apples in relation to storage and physiological disorders. Phytochemistry 19:1009–1011.

Fidler, J.C.; North, C.J. 1965. Core flush in apples. Proceedings International Congress on Storage Distribution of Vegetables and Fruit, Bologna, Italy, 28–30 May 1963, Vol I.

Fidler, J.C.; North, C.J. 1970. Sorbitol in stored apples. J. Hortic. Sci. 45:197–204.

Fidler, J.C.; North, C.J. 1971. The effect of periods of anaerobiosis on the storage of apples. J. Hortic. Sci. 46:213–221.

Fisher, D.F. 1942. Handling apples from tree to table. United States Department of Agriculture Circular 659. 39 pp.

Fisher, D.V., Palmer, R.C.; Porritt, S.W. 1953. Pear harvesting and storage in British Columbia. Agric. Can. Publ. 895. 22 pp.

Fukuda, H. 1982. Comparative characteristics of several spotting disorders in the 'Jonathan' apple fruit. Bull. Fruit Tree Res. Sta. Ser. C 9:15–30.

Fukumoto, M.; Nagai, K. 1983. Possible roles of calcium and ammonium in the development of bitter pit in apples. Physiol. Plant. 59:171–176.

Godwin, H.O.; Ehlermann, D.A.E. 1983. On the evaluation of internal browning of apples by electrical measurements. Lebensm. Wiss. Technol. 16:15–17.

Gough, R.E.; Shutak, V.G. 1972. Fine structure of the apple cuticle and storage scald. HortScience 7:561–562.

Greene, G.M.; Smith, C.B. 1979. Effects of calcium and nitrogen sources on corking of apples. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:129–139.

Hall, E.G.; Scott, K.J. 1972. Storage and market diseases of fruit. CSIRO Food Preserv. Quart. (Suppl.) Vol. 32.

Handwerker, T.S. 1979. The effects of high CO_2 treatments at storage temperatures on the levels of organic acids and phenolic compounds and the incidence of CO_2 injury in apples. Unpublished Ph.D. dissertation, Cornell University, Ithaca, N.Y. 63 pp.

Hanekom, A.N.; Scheepers, J.L.; de Villiers, J.F. 1976. Factors influencing the uptake of diphenylamine by apple fruit. Decid. Fruit Grower 26:402–411.

Hansen, E. 1957. Reactions of Anjou pears to carbon dioxide and oxygen content of the storage atmosphere. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 69:110–115.

Hansen, E. 1963. Control of CO_2 concentrations in sealed polyethylene pear box liners by use of packaged hydrated lime inserts. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 83:210–216.

Hansen, E.; Mellenthin, W.M. 1962. Factors affecting susceptibility of pears to carbon dioxide injury. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 80:146–153.

Hansen, E.; Mellenthin, W.M. 1967. Chemical control of superficial scald on Anjou pears. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 91:860–866.

Hardenburg, R.E.; Anderson, R.E. 1979. Effect of postharvest calcium and other chemical treatments on softening, scald, bitter pit and breakdown of stored apples. Int. Congr. Refrig. C2-29:1–6.

Hardenburg, R.E.; Anderson, R.E. 1981. Keeping qualities of 'Stayman' and 'Delicious' apples treated with calcium chloride, scald inhibitors, and other chemicals. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106:776–779.

Harley, C.P. 1929. Relation of picking time to acetaldehyde content and core breakdown of Bartlett pears. J. Agric. Res. 39:483–493.

Henze, J. 1971. Flesh browning in Cox's Orange Pippin. Erwerobstbau 13:197–200.

Hewett, E.W.; Thompson, C.J. 1989. Modified atmosphere storage and bitter pit reduction in 'Cox's Orange Pippin' apples. Scientia Hortic. 39:117–129.

Hopkirk, G.; Wills, R.B.H. 1981. Variation in fatty acid composition of apples in relation to soft scald. Phytochemistry (Oxf.). 20:193–195.

Huelin, F.E.; Coggiola, J.M. 1968. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. IV. Effect of variety, maturity, oiled wraps and diphenylamine on the concentration of α-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agric. 19:297–301.

Huelin, F.E.; Coggiola, J.M. 1970*a*. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. V. Oxidation of α-farnesene and its inhibition by diphenylamine. J. Sci. Food Agric. 21:44–48.

Huelin, F.E.; Coggiola, J.M. 1970*b*. Superficial scald, a functional disorder of stored apples. VII. Effect of applied α-farnesene, temperature and diphenylamine on scald and the concentration

and oxidation of α-farnesene in the fruit. J. Sci. Food Agric. 21:584-589.

Ingle, M.; D'Souza, M.C. 1989. Physiology and control of superficial scald of apples: a review. HortScience 24:28-31.

Johnson, D.S.; Allen, J.G.; Warman, T.M. 1980. Post-harvest application of diphenylamine and ethoxyquin for the control of superficial scald on Bramley's Seedling apples. J. Sci. Food Agric. 31:1189-1194.

Johnson, D.S.; Marks, M.J. 1981. Search for safer calcium sprays. Grower (June 11) 28-32.

Kanbe, K.; Kon, K.; Kume, Y. 1973. Studies on the culture of Golden Delicious apples without bagging. I. Studies on the development and control of russeting in Golden Delicious apples. Bull. Akita Tree Fruit Exp. Sta. No. 5:1-39.

Kerbel, E.; Kader, A.A.; Romani, R.J. 1988. Effects of elevated CO_2 concentrations on glycolysis in intact 'Bartlett' pear fruit. Plant Physiol. 86:1205-1209.

Klein, J.D.; Lurie, S. 1992. Prestorage heating of apple fruit for enhanced postharvest quality: interaction of time and temperature. HortScience 27:326-328.

Knee, M.; Looney, N.E.; Hatfield, S.G.S.; Smith, S.M. 1983. Initiation of rapid ethylene synthesis by apple and pear fruits in relation to storage temperature. J. Exp. Bot. 34:1207-1212.

Kollas, D.A. 1968. Physiology of watercore development in apple. Diss. Abstr. Sec. B 29:12.

Kvale, A. 1979. Friction discolouration of two pear cultivars in relation to date of harvest and phenolic compounds in the fruit. Acta Agric. Scand. 29:29-32.

Kvale, A. 1988. Skin discolouration of four pear cultivars in relation to maturity, degree of ripening and duration of storage. Norw. J. Agric. Sci. 2:139-142.

Lau, O.L. 1990. Efficacy of diphenylamine, ultra-low oxygen, and ethylene scrubbing on scald control in 'Delicious' apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 115:959-961.

Lau, O.L.; Looney, N.E. 1978. Factors influencing CO_2-induced peel injury of 'Golden Delicious' apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 103:836-838.

Lau, O.L., Yastremski, R.; Meheriuk, M. 1986. Influence of maturity, storage procedure, temperature and oxygen concentration on quality and disorders of 'McIntosh' apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 111:93-99.

Lee, S.P.; Chen, P.M.; Chen, T.H.H.; Varga, D.M.; Mielke, E.A. 1990. Differences of biochemical components between the skin tissues of

normal and black-speckled 'd'Anjou' pears after prolonged low-oxygen storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 115:784-788.

Lidster, P.D. 1983. Tissue conditioning of stored fruit. Acta Hortic. 138:277-293.

Lidster, P.D. 1990. Storage humidity influences fruit quality and permeability to ethane in 'McIntosh' apples stored in diverse controlled atmospheres. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 115:94-96.

Little, C.R.; Taylor, H.J.; McFarlane, F. 1985. Postharvest and storage factors affecting superficial scald and core flush of 'Granny Smith' apples. HortScience 20:1080-1082.

Lougheed, E.C.; Murr, D.P.; Miller, S.R. 1978. Effect of diphenylamine upon storage scald, stem-cavity browning and brown core of McIntosh apples. Plant Dis. Rep. 62:557-561.

Lougheed, E.C.; Ripley, B.D.; Miller, S.R. 1983. Daminozide and senescent breakdown of McIntosh apples. Plant Dis. 67:190-191.

Ludders, P. 1979. The effect of nitrogen nutrition on bitter pit in apples. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:401-415.

Lurie, S.; Klein, J.D.; Ben-Aire, R. 1989. Physiological changes in diphenylamine-treated 'Granny Smith' apples. J. Bot. 38:199-207.

Mahanty, H.K.; Fineran, B.A. 1975. The effects of calcium on the ultrastructure of Cox's Orange apples with reference to bitter pit disorder. Aust. J. Biol. Sci. 23:55-65.

Marlow, G.C.; Loescher, W.H. 1985. Sorbitol metabolism, the climacteric, and watercore in apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 110:676-680.

Martin, D.; Lewis, T.L.; Cerny, J.; Grassie, A. 1969. Effect of some chemical treatments on the incidence of bitter pit and breakdown in Cox's apples. Fld. Sta. Rec. Div. Plant Indus. CSIRO (Aust.) 8:56-76.

Mason, J.L. 1979. Increasing calcium content of calcium-sensitive tissues. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:349-371.

Maxie, E.C.; Mitchell, F.G.; Sommer, N.F.; Snyder, R.G.; Rae, H.L. 1974. Effect of elevated temperature on ripening of 'Bartlett' pear, *Pyrus communis* L. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 99:344-349.

McColloch, L.P.; Yeatman, J.N.; Hardenburg, R.E. 1965. A review of literature on harvesting, handling, storage and transportation of apples. USDA-ARS Rep. 51-4:166-215.

Meheriuk, M. 1979. The effect of harvest date on the response of Golden Delicious apples to CO_2 treatment. Can. J. Plant Sci. 59:531-534.

Meheriuk, M. 1981. B.C. researcher observes stored fruit discoloration. The Goodfruit Grower 32(17):13.

Meheriuk, M. 1990. Effects of diphenylamine, gibberellic acid, daminozide, calcium, high CO_2 and elevated temperatures on quality of stored 'Bartlett' pears. Can. J. Plant Sci. 70:887–892.

Meheriuk, M.; Lau, O.L.; Hall, J.W. 1984. Effects of some postharvest and storage treatments on the incidence of flesh browning in controlled-atmosphere-stored 'Delicious' apples. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 109:290–293.

Meheriuk, M.; Porritt, S.W. 1968. Chlorogenic acid levels in McIntosh apples with sunscald. Can. J. Plant Sci. 48:621–623.

Mellenthin, W.M.; Chen, P.M.; Borgic, D.M. 1982. In-line application of porous wax coating materials to reduce friction discoloration of 'Bartlett' and 'd'Anjou' pears. HortScience 17:215–217.

Mellenthin, W.M.; Chen, P.M.; Kelley, S.B. 1980. Low oxygen effects on dessert quality, scald prevention, and nitrogen metabolism of 'd'Anjou' pear fruit during long term storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105:522–527.

Mellenthin, W.M.; Wang, C.Y. 1974. Friction discoloration of 'd'Anjou' pears in relation to fruit size, maturity, storage and polyphenoloxidase activities. HortScience 9:592–593.

Mellenthin, W.M.; Wang, C.Y. 1977. The relationship of premature ripening of Bartlett pears to preharvest temperatures. Acta Hortic. 69:281–286.

Mielke, E.; Facteau, T.J. 1988. An overview of calcium and its interactions in fruit trees. Proc. Wash. State Hortic. Assoc. 84:236–246.

Miller, R.H. 1980. The ontogeny and cytogenesis of cork spot in 'York Imperial' apple fruit. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 105:355–364.

Mitchell, F.G.; Mayer, G. 1973. Watery breakdown of Bartlett pear. Calif. Agric. 27:6–8.

Muraoka, N.; Mori, T.; Isaka, T.; Tamura, T. 1985*a*. The carbon dioxide injury of apple fruits. Part 1. The different symptoms and the effecting factors. Rep. Nat. Food Res. Inst. No. 46:35–39.

Muraoka, N.; Mori, T.; Isaki, T.; Tamura, T. 1985*b*. The carbon dioxide injury of apple fruits. Part 2. Effects of cultivars, maturity and senescence on the symptoms. Rep. Nat. Food Res. Inst. No. 46:40–44.

Nardin, C.; Scienza, C. 1983. The importance of mineral nutrition and $CaCl_2$ spraying in apple watercore prevention. Acta Hortic. 138:51–62.

Nardin, C.; Trevisani, G. 1986. Superficial scald of apples – DPA or ethoxyquin. Obstbau Weinbau 23:202–206.

Nichols, W.C.; Patterson, M.E. 1987. Ethanol accumulation and poststorage quality of 'Delicious' apples during short-term, low-O_2, CA storage. HortScience 22:89–92.

Noga, G.; Wolter, M. 1990. Russeting of apple fruits as induced by surfactants. Gartenbauwissenschaft 55:20–26.

Overholzer, E.I.; Winkler, A.J.; Jacob, H.E. 1923. Factors influencing the development of internal browning of the Yellow Newtown apple. Univ. Calif. Exp. Sta. Bull. 370.

Padfield, C.A.S. 1969. The storage of apples and pears. N.Z. DSIR Bull. 111. 96 pp.

Patterson, M.E.; Nichols, W.C. 1988. Metabolic response of 'Delicious' apples to carbon dioxide in anoxic and low-oxygen environments. HortScience 23:866–868.

Perring, M.A. 1985. Redistribution of minerals in apple fruit during storage: effects of late summer pruning, calcium sprays and low temperature breakdown. J. Sci. Food Agric. 36:333–342.

Perring, M.A. 1986. Incidence of bitter pit in relation to the calcium content of apples: problems and paradoxes, a review. J. Sci. Food Agric. 37:591–606.

Perring, M.A.; Pearson, K. 1986. Incidence of bitter pit in relation to the calcium distribution in the fruit. J. Sci. Food Agric. 37:709–718.

Perring, M.A.; Pearson, K. 1988. Redistribution of minerals in apple fruit during storage: effects of storage atmosphere on magnesium and phosphorus concentrations. J. Sci. Food Agric. 43:109–119.

Perring, M.A.; Pearson, K.; Martin, K.J. 1985. The distribution of calcium in apples with senescent breakdown. J. Sci. Food Agric. 36:1035–1038.

Pierson, C.F.; Ceponis, M.J.; McColloch, L.P. 1971. Market diseases of apples, pears and quinces. USDA-ARS Handbook 376. 112 pp.

Pierson, C.F.; Schomer, H.A. 1967. Chemical and non-chemical control of Anjou scald. HortScience 2:151.

Pierson, C.F.; Schomer, H.A. 1968. Chemical injury on Golden Delicious apples treated with diphenylamine. HortScience 3:190–191.

Plagge, H.H.; Maney, T.J. 1937. Factors influencing the development of soggy breakdown in apples. J. Agric. Res. 55:739–763.

Porritt, S.W. 1965. Effect of cooling rate on storage life of pears. Can. J. Plant Sci. 45:90–97.

Porritt, S.W.; Lidster, P.D. 1978. The effect of pre-storage heating on ripening and senescence of apples during cold storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 103:584–587.

Porritt, S.W.; Lidster, P.D.; Meheriuk, M. 1975. Postharvest factors associated with the occurrence of breakdown in Spartan apples. Can. J. Plant Sci. 43:600–602.

Porritt, S.W.; Meheriuk, M. 1968. Application of chemicals for control of apple scald. Can. J. Plant Sci. 50:313–317.

Porritt, S.W.; Meheriuk, M. 1973. Influence of storage humidity and temperature on breakdown in Spartan apples. Can. J. Plant Sci. 53:597–599.

Raese, J.T. 1989. Physiological disorders and maladies of pear fruit. Hortic. Rev. 11:357–411.

Raese, J.T.; Brun, C.A.; Seeley, E.J. 1982. Effect of irrigation regimes and supplemental nitrogen on alfalfa greening, cork spot, and fruit quality of 'd'Anjou' pears. HortScience 17:666–668.

Raese, J.T.; Pierson, C.F.; Richardson, D.G. 1979. Alfalfa greening of 'Anjou' pear. HortScience 14:232–234.

Raese, J.T.; Stahly, E.A. 1982. Calcium sprays to control physiological disorders of d'Anjou pears. Acta Hortic. 124:119–124.

Raese, J.T.; Staiff, D.C. 1983. Effect of rate and source of nitrogen fertilizers on mineral composition of d'Anjou pears. J. Plant Nutr. 6:769–779.

Raese, J.T.; Staiff, D.C. 1989. Effect of fertilizers, rootstocks, and season on fruit quality, fruit disorders, and mineral composition of d'Anjou pears. Acta Hortic. 256:183–187.

Ramsey, G.B.; Butler, L.F. 1928. Injury to onions and fruits caused by exposure to ammonia. J. Agric. Res. 37:339–348.

Richardson, D.G.; Al-Ani, A.M. 1982. Cork spot of d'Anjou pear fruit relative to critical calcium concentration and other minerals. Acta Hortic. 124:113–118.

Richardson, D.G.; Lombard, P.B. 1979. Cork spot of Anjou pear: control by calcium sprays. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:383–389.

Richmond, A.E.; Dilley, D.R.; Dewey, D.H. 1964. Cation, organic acid, and pH relationships in peel tissue of apple fruits affected with Jonathan spot. Plant Physiol. 39:1056–1060.

Roberts, E.A.; Wills, R.B.H.; Scott, K.J. 1965. The effects of change in concentration of carbon dioxide and oxygen on storage behavior of Jonathan apples. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 5:161–165.

Saks, Y.; Sonnego, L.; Ben-Arie, R. 1990. Senescent breakdown of 'Jonathan' apples in relation to the water-soluble calcium content of the fruit pulp before and after storage. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 115:615–618.

Schouten, S.P. 1986. Notes on the occurrence in 1985/86 of internal browning in apples. Fruitteelt 76:1036–1039.

Scott, K.J.; Roberts, E.A. 1968. The importance of weight loss in reducing breakdown of Jonathan apples. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8:377–380.

Scott, K.J.; Wills, R.B.H. 1975. Postharvest application of calcium and control for storage breakdown of apples. HortScience 10:75–76.

Scott, K.J.; Wills, R.B.H. 1976*a*. Core flush of apples. I. Effect of absorption of carbon dioxide, ethylene and water from the storage atmosphere. J. Hortic. Sci. 51:55–58.

Scott, K.J.; Wills, R.B.H. 1976*b*. Core flush of apples. II. Effect of phorone and gibberellic acid. J. Hortic. Sci. 51:59–64.

Scott, K.J.; Wills, R.B.H. 1979. Effects of vacuum and pressure infiltration of calcium chloride and storage temperature on the incidence of bitter pit and low temperature breakdown of apples. Aust. J. Agric. Res. 30:917–928.

Scriven, F.M.; Wills, R.B.H. 1984. Postharvest changes in abscissic acid levels in flesh tissue and seeds of Jonathan apples susceptible to storage breakdown. J. Hortic. Sci. 59:171–174.

Sharples, R.O. 1964. The effects of fruit thinning on the development of Cox's Orange Pippin apples in relation to the incidence of storage diseases. J. Hortic. Sci. 39:224–235.

Sharples, R.O. 1982. Effects of ultra-low oxygen conditions on the storage quality of English Cox's Orange Pippin apples. Proceeding 3rd International Controlled-Atmosphere Research Conference and Symposium, Series 1, Oregon State University School of Agriculture, Corvallis, Ore. pp. 131–138.

Sharples, R.O.; Johnson, D.S. 1976. Post-harvest chemical treatments for control of storage disorders of apples. Ann. Appl. Biol. 83:157–167.

Sharples, R.O.; Johnson, D.S. 1987. Influence of agronomic and climatic factors on the response of apple fruit to controlled atmosphere storage. HortScience 25:763–766.

Simons, R.K. 1968*a*. The morphological and anatomical characteristics of watercore in apples. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 93:762–774.

Simons, R.K. 1968*b*. The morphological and anatomical comparison of some physiological disorders in apples. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 93:775–791.

Simons, R.K.; Chu, M.C. 1978. Periderm morphology of mature 'Golden Delicious' apple with special reference to russeting. Scientia Hortic. 8:333–340.

Simons, R.K.; Chu, M.C. 1980. Scanning electron microscopy and electron microprobe studies of bitter pit in apples. Acta Hortic. 92:57–70.

Simons, R.K.; Chu, M.C. 1982. Cellular image profile analysis of apples exhibiting corking disorders as related to calcium and potassium. Sci. Hortic. (Amst.) 16:217–231.

Simons, R.K.; Chu, M.C. 1983. Anomalous characteristics of cellular structure related to corking in apples. Sci. Hortic. (Amst.) 19:113–124.

Simons, R.K.; Doll, C.C. 1976. Morphological and anatomical response of apples to a late spring frost in relation to stage of fruit development. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 101:315–320.

Smagula, J.M.; Bramlage, W.J.; Southwick, R.A.; Marsh, H.V., Jr. 1968. Effects of watercore on respiration and mitochondrial activity in 'Richared' Delicious apples. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 93:753–761.

Smith, E. 1946. Handling injuries on pears following cold storage. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 47:79–83.

Smith, W.H. 1958. Reduction of low-temperature injury to stored apples by modulation of environmental conditions. Nature 181:275–276.

Smock, R.M. 1970. Facts and fancies on freezing damage to apples. Proc. N.Y. State Hortic. Soc. 115:199–202.

Smock, R.M. 1972. Freezing damage on attached and detached apple fruits. HortScience 7:174.

Snowden, A.L. 1990. A color atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Vol. 1. General introduction and fruits. CRC Press, Boca Raton, Fla.

Sommer, N.F.; Mitchell, F.G.; Guillou, R.; Levisi, D.A. 1960. Fresh fruit temperatures and transit injury. Proc. Am. Soc. Hortic. Sci. 76:156–162.

Steenkamp, J.; Terblanche, J.H.; de Villiers, O.T. 1983. The role of organic acids and nutrient elements in relation to bitter pit in Golden Delicious apples. Acta Hortic. 138:35–42.

Taylor, B.K.; Van Den Ende, B.; Jerie, P.H. 1987. Studies on black-end of pear in the Goulburn Valley, Aust. J. Hortic. Sci. 62:157–162.

Taylor, D.R.; Knight, J.N. 1986. Russeting and cracking of apple fruit and their control with plant growth regulators. Acta Hortic. 179:819–820.

Terblanche, J.H.; Walters, J.R.; Dampers, P.J. 1971. Late calcium sprays can do harm. Decid. Fruit Grower 21(12):323–325.

Terblanche, J.H.; Wooldridge, L.G. 1979. The redistribution and immobilization of calcium in apple trees with special reference to bitter pit. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10:195–215.

Tomana, T. 1963. Histological and physiological studies on the cause of Jonathan spot in apples. Bull. Yamagata Univ. Agric. Sci. 4:1–63.

Thomas, M. 1929. The production of ethyl alcohol and acetaldehyde by apples in relation to the injuries occurring in storage. Part 1. Injuries to apples occurring in the absence of oxygen and in certain mixtures of carbon dioxide and oxygen. Ann. Appl. Biol. 16:444–457.

Tukey, R.B. 1977. Predicting bitter pit - key to reducing losses in Red and Golden Delicious. The Goodfruit Grower (Sept.):19–20.

Van der Boon, J. 1980*a*. Prediction and control of bitter pit in apples. I. Prediction based on mineral composition, cropping levels and summer temperatures. J. Hortic. Sci. 55:307–312.

Van der Boon, J. 1980*b*. Prediction and control of bitter pit in apples. II. Control by summer pruning, fruit thinning, delayed harvesting and soil calcium dressings. J. Hortic. Sci. 55:313–321.

Van Lune, P. 1982. The effect of liming alluvial clay with calcium carbonate and calcium sulphate combined with iron, manganese and boron, on the incidence of bitter pit and internal breakdown in Cox's Orange Pippin apples. Rapp. Instituut. Bodem. No. 8-81. 61 pp.

Visagie, T.R.; Redelinghuys, H.J.P. 1975. Hydrohandling of pears and plums in the packhouse. Decid. Fruit Grower 25:122–124.

Vries, H.A.M.A. de. 1968. Development of the structure of the russeted apple skin. Acta Bot. Neerl. 17:405–415.

Walther, T.E. 1966. Russeting and cracking in apples: a review of world literature. Rep. E. Mall. Res. Sta., 83–95.

Wang, C.Y.; Mellenthin, W.M. 1972. Induction period and threshold temperatures for premature ripening in 'Bartlett' pears. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 97:557–560.

Wang, C.Y.; Mellenthin, W.M. 1973. Chlorogenic acid levels, ethylene production and respiration of d'Anjou pears affected with cork spot. HortScience 8:180–181.

Wang, C.Y.; Mellenthin, W.M.; Hansen, E. 1971. Effect of temperature on development of premature ripening in 'Bartlett' pears. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 96:122–125.

Wang, S.Y.; Wang, P.C.; Faust, H. 1988. Non-destructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. Acta Hortic. 35:227–234.

Watanabe, S. 1969. Histological studies on the cause of russet in apples. Bull. Yamagata Univ. Agric. Sci. 5:823–835.

Watkins, C.B.; Harmon, J.E.; Hopkirk, G. 1988. Effects of lecithin, calcium, and antioxidant formulations on superficial scald and internal breakdown of 'Granny Smith' apples. N.Z. J. Exp. Agric. 16:55–61.

Webster, D.H.; Lidster, P.D. 1986. Effects of phosphate sprays on McIntosh apple fruit and leaf composition, flesh firmness and susceptibility to low-temperature disorders. Can. J. Plant Sci. 66:617–626.

Wills, R.B.H. 1981. Incorporation of [^{14}C] acetate into apples in relation to development of storage breakdown. Phytochemistry 20:1253–1254.

Wills, R.B.H.; Franklin, M.J.; Scott, K.J. 1978. Effect of minerals and geraniol on levels of abscissic acid and the development of storage breakdown in apples. J. Hortic. Sci. 53:323-326.

Wills, R.B.H.; Hopkirk, G. 1981. Reduction of soft scald in apples with antioxidants. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 106:569-571.

Wills, R.B.H.; Hopkirk, G.; Scott, K.J. 1980. Use of fatty acid methyl esters and edible fats and oils to reduce soft scald of apples. J. Sci. Food. Agric. 31:663-666.

Wills, R.B.H.; Scott, K.J. 1972. Methods of increasing water loss from apples to reduce low temperature breakdown. J. Hortic. Sci. 47:349-355.

Wills, R.B.H.; Scott, K.J. 1974. Effect of phorone and other growth regulators on the incidence of storage breakdown in apples. J. Hortic. Sci. 49:199-202.

Wills, R.B.H.; Scott. K.J. 1976. Influence of nitrogen and phosphorus fertilizers on the relation between apple volatiles and storage breakdown. J. Hortic. Sci. 51:177-179.

Wills, R.B.H.; Scott, K.J.; Campbell, J.E. 1973. Effect of preharvest application of gibberellic acid (GA_3) on storage breakdown of apples. HortScience 8:395.

Wills, R.B.H.; Scott, K.J.; Franklin, M.J. 1976. Abscissic acid and the development of storage breakdown in apples. Phytochemistry 15:1817-1818.

Wills, R.B.H.; Scriven, F.M. 1979. Metabolism of geraniol by apples in relation to the development of storage breakdown. Phytochemistry 18:785-786.

Wilton, W.J.W. 1975. Bitter pit of apples — understanding the orchard factors — a key to control. Orchard. N.Z. 48:372-375.

Winkler, A.J. 1923. Internal browning of the Yellow Newtown apple. J. Agric. Res. 24:165-184.

Woodbridge, C.G. 1971. Calcium level of pear tissues affected with cork and black-end. HortScience 6:451-453.

Yamamoto, T.; Watanabe, S. 1982. Initial time of development of hard end disorder in 'Bartlett' pear. J. Japan. Soc. Hortic. Sci. 51:142-151.

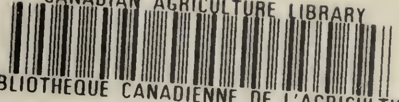
Yogaratnam, N.; Sharples, R.O. 1982. Supplementing the nutrition of Bramley's Seedling apple with phosphorus sprays. II. Effects on fruit composition and storage quality. J. Hortic. Sci. 57:53-59.

TABLE DE CONVERSIONS

Pour convertir une unité impériale en unité métrique, il faut multiplier le nombre par le facteur de conversion.

Pour convertir une unité métrique en unité impériale, il faut diviser le nombre par le facteur de conversion.

Unités impériales	Facteurs de conversion	Unités métriques	
Longueur			
pouce	25	millimètre	(mm)
pied	30	centimètre	(cm)
verge	0,9	mètre	(m)
mille	1,6	kilomètre	(km)
Surface			
pouce carré (po^2)	6,5	centimètre carré	(cm^2)
pied carré (pi^2)	0,09	mètre carré	(m^2)
verge carré (v^2)	0,836	mètre carré	(m^2)
mille carré	259	hectare	(ha)
acre	0,40	hectare	(ha)
Volume			
pouce cube	16	centimètre cube	(cm^3, mL, cc)
pied cube	28	décimètre cube	(dm^3)
verge cube	0,8	mètre cube	(m^3)
once liquide	28	millilitre	(mL)
chopine	0,57	litre	(L)
pinte	1,1	litre	(L)
gallon (R.-U.)	4,5	litre	(L)
gallon (É.-U.)	3,8	litre	(L)
Masse			
once	28	gramme	(g)
livre	0,45	kilogramme	(kg)
tonne courte (2000 lb)	0,9	tonne	(t)
Pression			
livres par pouce carré	6,9	kilopascal	(kPa)
Puissance			
cheval-vapeur	746	watt	(W)
	0,75	kilowatt	(kW)
Vitesse			
pieds par seconde	0,30	mètres par seconde	(m/s)
milles par heure (mph)	1,6	kilomètres par heure	(km/h)
Agriculture			
gallons par acre	11,23	litres par hectare	(L/ha)
pintes par acre	2,8	litres par hectare	(L/ha)
chopines par acre	1,4	litres par hectare	(L/ha)
onces liquides par acre	70	millilitres par hectare	(mL/ha)
tonnes par acre	2,24	tonnes par hectare	(t/ha)
livres par acre	1,12	kilogrammes par hectare	(kg/ha)
onces par acre	70	grammes par hectare	(g/ha)
plants par acre	2,47	plants par hectare	
Température			
degrés Fahrenheit	(°F - 32) x 0,56 = °C ou °F = 1,8 (°C) + 32	degrés Celsius	(°C)


CANADIAN AGRICULTURE LIBRARY
BIBLIOTHEQUE CANADIENNE DE L'AGRICULTURE
3 9073 00104248 2

